JOSÉ MOYA SANTOYO
ELISAVETA GEORGIEVA KOSTOVA

PSICOLOGÍA DEL PENSAMIENTO

EDITORIAL SÍNTESIS

PSICOLOGÍA DEL PENSAMIENTO

Consulte nuestra página web: **www.sintesis.com**
En ella encontrará el catálogo completo y comentado

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con autorización de los titulares de la propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y sigs. Código Penal). El Centro Español de Derechos Reprográficos (www.cedro.org) vela por el respeto de los citados derechos.

PSICOLOGÍA DEL PENSAMIENTO

JOSÉ MOYA SANTOYO
ELISAVETA GEORGIEVA KOSTOVA

EDITORIAL
SINTESIS

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones
penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar
o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente,
por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio,
sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia
o por cualquier otro, sin la autorización previa por escrito
de Editorial Síntesis, S. A.

© José Moya Santoyo
Elisaveta Georgieva Kostova

© EDITORIAL SÍNTESIS, S. A.
Vallehermoso, 34. 28015 Madrid
Teléfono 91 593 20 98
http://www.sintesis.com

ISBN: 978-84-907757-1-4

Índice

Prólogo 11

PARTE I
Del caos al cosmos

1. ***La organización del conocimiento*** 15
   1.1. Introducción 15
   1.2. Categorización, ponerle nombre a las cosas 16
   1.2.1. Los conceptos, 16. *1.2.2. Diferentes tipos de categorización,* 17. *1.2.3. Características relevantes e irrelevantes,* 17. *1.2.4. Asignación de objetos artificiales a una categoría,* 18. *1.2.5. Asignación de objetos naturales a una categoría,* 19.
   1.3. Teorías sobre la formación de categorías 19
   1.3.1. Teoría de los atributos, 20. *1.3.2. Teoría de los prototipos,* 21. *1.3.3. Teoría del mejor ejemplo,* 21.
   1.4. Organización de los conceptos en categorías 23
   1.4.1. Organización jerárquica del conocimiento, 23. *1.4.2. La teoría de la propagación de la activación,* 25.
   1.5. Organización del conocimiento de conceptos y operadores 26

1.5.1. Modelo del Control adaptativo del pensamiento, 27. *1.5.2. Representación computacional del pensamiento proposicional,* 30.
1.6. Representación del conocimiento 30
1.6.1. Teoría del Código dual, 30. *1.6.2. Teoría del Código único,* 31.
1.7. Esquemas o guiones 31
1.8. Resumen 32

2. ***El método inductivo*** 35
2.1. Introducción 35
2.2. La inducción en la historia más reciente 36
2.3. Tipos de inducción 38
2.3.1. La abducción, 39. *2.3.2. Inducciones generales,* 40.
2.4. Estudios empíricos sobre la inducción 42
2.4.1. El programa de Winston, 42. *2.4.2. El programa de Robert Levinson,* 43.
2.5. Modelos de razonamiento inductivo 43
2.5.1. El modelo de Osherson. Modelo de similitud cobertura, 44. *2.5.2. El modelo de Sloman (Feature-based induction),* 47. *2.5.3. El modelo de Heit,* 49.
2.6. Resumen 50

3. ***Razonamiento probabilístico*** 53
3.1. Introducción 53
3.2. ¿Qué es la probabilidad? 54
3.3. Estimación subjetiva de la probabilidad 56
3.4. Principales errores en la asignación de probabilidad 57
3.4.1. Exceso de confianza, 57. *3.4.2. El sesgo de "a posteriori",* 59. *3.4.3. La representatividad de los datos,* 60. *3.4.4. Disponibilidad,* 61. *3.4.5. Anclaje y ajuste,* 62.
3.5. Razonamiento basado en la estadística 62
3.5.1. Regresión a la media, 63. *3.5.2. El teorema de Bayes,* 64. *3.5.3. Ley de los grandes números,* 66. *3.5.4. La correlación ilusoria,* 68.
3.6. Resumen 70

4. ***La tareas de selección con contenido abstracto*** 73

4.1. Las tareas de Wason 73
4.1.1. La tarea de selección, 74. *4.1.2. El problema THOG,* 79. *4.1.3. El problema 2-4-6,* 82.
4.2. Resumen 86

PARTE II
Las ciencias formales

5. ***Razonamiento deductivo*** 89

5.1. Introducción 89
5.2. La lógica formal 90
5.3. La psicología y el razonamiento deductivo 92
5.3.1. La habilidad de entender la negación, 93. *5.3.2. Los operadores condicionales,* 94. *5.3.3. Comprender las series de tres números,* 98. *5.3.4. Problemas con los cuantificadores del lenguaje ordinario,* 99.
5.4. Resumen 100

6. ***Razonamiento silogístico*** 103

6.1. Introducción 103
6.2. ¿Qué son los silogismos? 103
6.2.1. Las cuatro figuras del silogismo, 104. *6.2.2. Axiomas del silogismo,* 104.
6.3. Problemas psicológicos en el razonamiento silogístico 107
6.3.1. La hipótesis de la atmósfera, 107. *6.3.2. El efecto del contenido,* 109.
6.4. Teorías sobre los silogismos 112
6.4.1. La teoría de los modelos mentales, 112.
6.5. Representaciones gráficas del silogismo 114
6.5.1. Los círculos de Euler, 114. *6.5.2. Los diagramas de Venn,* 115.
6.6. Resumen 116

PARTE III
A la luz de la razón

7. ***La toma de decisiones*** 121

7.1. Introducción 121
7.2. Teorías sobre la toma de decisiones 122
7.2.1. Teoría de la utilidad subjetiva esperada (USE), 123. *7.2.2. Teoría de la utilidad multiatributiva (TUMA),* 124.
7.3. La psicología y la toma de decisiones 126
7.3.1. Transitividad de preferencias, 126. *7.3.2. Violación de la invarianza,* 127. *7.3.3. Violación del principio de la cosa segura o de independencia,* 129. *7.3.4. Violación del principio de regularidad,* 130.
7.4. Teorías descriptivas de la toma de decisiones 131
7.4.1. Teoría de la perspectiva, 131. *7.4.2. Teoría emotiva de la toma de decisiones,* 133.
7.5. Las bases neurológicas de la toma de decisiones 134
7.6. Paradojas en la toma de decisiones 137
7.6.1. La paradoja de Allais (aversión al riesgo), 137. *7.6.2. La paradoja de Ellsberg (riesgo e incertidumbre),* 138. *7.6.3. Paradoja de San Petersburgo,* 139.
7.7. Resumen 141

8. ***Solución de problemas*** 143

8.1. Introducción 143
8.2. Definición de problema 144
8.2.1. Tipos de problemas, 144.
8.3. Soluciones de problemas por deducción y por inducción 145
8.3.1. Heurísticos en los problemas, 146. *8.3.2. Sistemas de producción,* 146. *8.3.3. Una teoría unificada de la cognición,* 147.
8.4. Problemas sin adversario 148
8.4.1. Representación de estado-acción, 153. *8.4.2. Medios-fines,* 154. *8.4.3. Reducción de objetivos,* 155. *8.4.4. Árboles de Y/O,* 156. *8.4.5. Hill-Climbing. Subir a la meta por el camino más corto,* 156. *8.4.6. Solución de problemas por analogía,* 157. *8.4.7. Analogía y creatividad,* 158.

8.5. Representación de los problemas 158
8.5.1. Percepción de las formas, 159.
8.6. Resumen 161

9. ***Conocimiento experto y solución de problemas*** 163
9.1. Introducción 163
9.2. Conocimiento experto vs. no experto 163
9.3. Tareas en la solución de problemas complejos 164
9.3.1. Estructura superficial y estructura profunda del problema, 166. *9.3.2. División del problema en bloques,* 166.
9.4. Factores que ayudan a hacerse expertos 166
9.4.1. La práctica deliberada, 167. *9.4.2. Expertos adaptables a los cambios,* 167. *9.4.3. El grupo mejora a los expertos,* 168.
9.5. Estudios sobre los expertos en el juego del ajedrez 169
9.5.1. Memoria a corto y a largo plazo en el juego del ajedrez, 170. *9.5.2. La teoría de los agrupamientos de las piezas de ajedrez,* 171. *9.5.3. El modelo de plantilla,* 171. *9.5.4. Teoría del reconocimiento-acción,* 172.
9.6. Sistemas expertos 172
9.7. ¿Cómo llegar a ser experto? 174
9.8. Expertos excepcionales *(idiots savants)* 175
9.8.1. Teorías sobre los idiots savants, 176. *9.8.2. Bases neurológicas de las habilidades de los* savants, 177.
9.9. Resumen 178

10. ***Creatividad*** 181
10.1. Introducción 181
10.2. ¿Qué es la creatividad? 181
10.3. Diferentes modelos en el estudio de la creatividad 182
10.3.1. Visión mística de la iluminación creativa, 182. *10.3.2. Visión pragmática,* 183. *10.3.3. Visión psicoanalítica,* 183. *10.3.4. Estudios psicométricos de la creatividad,* 184. *10.3.5. Acercamientos cognitivos a la creatividad,* 185. *10.3.6. Acercamientos sociopersonales y sociocognitivos,* 186. *10.3.7. Teorías basadas en la evolución,* 187.
10.4. Diferentes niveles de creatividad 188

10.4.1. La distinción de la creatividad en cuatro ces, 188. *10.4.2. La distinción de la creatividad en cuatro pes,* 188. *10.4.3. La distinción de la creatividad en cinco aes,* 189. *10.4.4. La creatividad como producto social,* 190. *10.4.5. La creatividad desde el punto de vista de la economía,* 191.
10.5. Estadios del pensamiento creativo 191
10.5.1. Mecanismos cerebrales en el estadio de "eureka", 192.
10.6. Resumen 193

11. ***Razonamiento informal*** 195
11.1. Razonamiento informal y razonamiento formal 195
11.1.1. Relaciones entre el razonamiento formal y el informal, 196.
11.2. Investigaciones sobre el razonamiento informal 198
11.2.1. Investigaciones ajenas al razonamiento formal, 200.
11.3. Algunos sesgos en el razonamiento informal 201
11.3.1. La incompletud en el razonamiento cotidiano, 202. *11.3.2. Falacias informales en el razonamiento cotidiano,* 202. *11.3.3. El sesgo desde mi posición (myside bias),* 203.
11.4. El razonamiento informal en la calle 204
11.4.1. Razonamiento que exige cuantificadores, 205.
11.5. Resumen 206

Bibliografía 209

Prólogo

Pensar es verificar nuestras hipótesis desde el establecimiento de toda su extensión; es decir, delimitar la falsedad y la verdad hasta la conquista del valor, lo que nos obliga a tener en cuenta la imaginación, si se prefiere. De modo resumido, el pensamiento evalúa las hipótesis, de extremo a extremo, de la manera más exhaustiva que pueda concebirse. Desde luego, todo esto se realiza desde la perspectiva de los principios científicos. No vamos a investigar solo a los necios.

Indudablemente, las hipótesis son originales de unas personas tan potentes que utilizan varios tipos de memorias. En la mediación entre la memoria y las hipótesis es necesario el lenguaje, que es de una de las formas más genuinas de comunicación a través de señales y emociones, inclusive con sus gestos. El pensamiento se puede considerar como lo más complejo de lo social. Sin duda, tiene que ser social, la cumbre de lo social, la cumbre de lo biosocial, o no es nada.

A lo largo de la historia, la psicología del pensamiento tiene de positivo que no se queda en la pura teoría, sino que pasa a la evaluación, a la práctica, utilizando todos los métodos posibles, con el método experimental como céntrico.

La psicología del pensamiento tiene de negativo que no ha conseguido aún una auténtica sistematización, aunque esta carencia no es exclusiva de la psicología del pensamiento. Sin embargo, si un área del conocimiento tiene a mano un sistema genuino, esta es la psicología del pensamiento, aunque abrumada por su caga social, posiblemente más amplia de lo acostumbrado. La psicología del pensamiento debería ser tratada y concebida en toda su complejidad y eso, evidentemente, no es fácil.

El libro que tienen entre sus manos es un buen manual, ya que combina la novedad que surge de las investigaciones más actuales con las principales teorías clásicas sobre el razonamiento, toma de decisiones o solución de problemas.

En el manual se tratan fundamentalmente los dos modos generales de razonar: la deducción y la inducción, en las que se analiza el razonamiento lógico, el razonamiento proposicional, el método heurístico, el razonamiento probabilístico, etc., con el fondo de emociones, lenguajes formales e informales y memorias, sin olvidar el sustrato físico y biológico. En el manual podemos encontrar conceptos y

categorías fundamentales en la construcción del sistema cognitivo de los más diversos tipos y con los enfoques más variados.

En el terreno de las evaluaciones o pruebas, solución de problemas o toma de decisiones, se analiza lo referente a la verificación y la refutación, desde la bisoñez del novicio hasta los expertos más consumados, sin olvidar la genialidad de los personajes que han sido creativos tanto en las ciencias como en el arte. El pensamiento florece en el campo humano a través de la imaginación más encendida o compleja, no es una mera imagen ligada a la percepción sensorial, sino la que construye un mundo nuevo conectando, mediante la analogía, ideas distantes semánticamente. Tal es la representación del conocimiento creativo.

Sin duda, lo que tiene auténtico valor, lo máximo del motivo, causa o voluntad, es la creación, es decir, la creatividad, de acuerdo con los usos tradicionales. Esta es la piedra de toque de todo el sistema.

El lector, para decidir, sólo tiene que organizar su mundo sensorial caótico y razonar, solucionar los problemas a los que se enfrenta cada día, o los que el mismo científico o artista busca deliberadamente. En resumen, el lector sólo tiene que pensar.

Juan Santa Cruz

PARTE I
Del caos al cosmos

Algunos de los relatos de la Antigua Grecia que han llegado hasta nosotros nos transmiten una cosmogonía en la cual Caos es lo que precede a la existencia de los dioses, sin ser uno de ellos. Es el estado primigenio del universo que habitamos, del conjunto de todas las cosas creadas, del cosmos. Inicialmente viene a significar "espacio que se abre" o "hendidura" y no es hasta tiempos de Ovidio que adquiere el significado de desorden y confusión que le atribuimos en la actualiadad. Con el desarrollo de las matemáticas, y más en concreto con la moderna teoría del caos, el término ha seguido evolucionando y, aunque se trate de sistemas deterministas, sirve para describir aquellos comportamientos complejos que a primera vista parecen totalmente desordenados.

Se podría afirmar que la evolución de nuestra concepción del concepto ha seguido una trayectoria parecida. Como ha sucedido con tantos otros descubrimientos y desarrollos teóricos, este no ha sido lineal, sino más bien una vuelta de tuerca más sobre los inicios.

En el estudio del tema es obligado empezar con la constatación de la complejidad del universo y de lo que sucede en él. Al ser múltiples las causas y las interacciones entre los objetos, se vuelven únicos los objetos que de ellas se originan. Pensemos en dos objetos simples como pueden ser dos bolígrafos. Las diferencias de formas, colores, tamaños, mecanismos, procesos de fabricación y distribución, entre otros, los hacen únicos. Una persona que no hubiera vivido en nuestra comunidad, ni hubiera tenido experiencia con esos objetos, muy probablemente no habría usado el mismo término para nombrarlos. Es fácil ver que las diferencias entre dos bolígrafos pueden ser mayores que entre un bolígrafo y un portaminas o un lápiz. Desde esta perspectiva podemos apreciar hasta qué punto los conceptos que usamos para describir lo que nos rodea son meras convenciones. Podríamos haber usado cualquier otro término para nombrar uno u otro objeto o no haber hecho la distinción entre ambos.

Sin embargo, es clave subrayar que los conceptos no son construcciones mentales completamente arbitrarias. Es evidente que existen importantes diferencias individuales y culturales en la categorización de lo existente, pero no hay que olvidar que se pueden elaborar clasificaciones de los objetos que ninguna cultura aceptaría como legítimas y útiles. Esto ha hecho que los científicos se fijen, por un lado, en la estructura correlacional del mundo y, por otro, en la estructura correlacional de nuestras experiencias sensoriales y en la manera en que nuestros cerebros procesan la información. Evidencia de ello son las clasificaciones de objetos naturales que, independientemente de la cultura a la que se pertenece, cualquier humano puede aprender a hacer, así como los parecidos entre las clasificaciones de culturas separadas por mucha distancia y que no han estado en contacto. Todas estas creaciones se apoyan en la coincidencia observable de propiedades que se dan en la naturaleza y que se combinan de una determinada manera, no de cualquier manera. De modo que propiedades como "tener sangre caliente", "cuatro patas" y "ladrar" suelen ir juntas, mientras que "ser de metal", "tener sangre caliente" y "ladrar" no. No hay que olvidar que los procesadores de información con los que contamos, nuestros cerebros, siguen un algoritmo común (en estados no alterados de conciencia) y son sensibles a determinados estímulos. Desconocemos hasta qué punto nuestros cerebros se quedan cortos a la hora de detectar regularidades en el mundo. Lo que está claro, sin embargo, es que el manejo del mundo va de la mano con el establecimiento de límites. Sin descartar alternativas, sin la pérdida de información, no sería posible organizar la información. Lo que parece un retroceso es una vuelta sobre lo mismo, pero de otra manera.

Los humanos necesitamos un comienzo, una apertura, un nuevo espacio que se tiene que abrir para poder observar el mundo, un mundo que, por otro lado, se nos antoja revuelto y lleno de objetos únicos que escapan a toda clasificación.

1
La organización del conocimiento

1.1. Introducción

Nuestro sistema perceptivo recibe millones de unidades de información cada segundo. Estas unidades no están ni bien organizadas, ni sistematizadas, es el sistema perceptivo el que aporta información de una forma caótica, es decir, desorganizada. Nos estimulan miles de colores, de texturas, de formas, de sonidos, de olores, de impresiones en los receptores del calor, del frío, del dolor, de la presión, etc. Si nuestro cerebro no organizase y sistematizase toda esta información sería imposible orientarse en un mundo tan caótico como es nuestro mundo perceptivo.

Lo que vamos a ver en este capítulo es la forma en que nuestra mente organiza la información, la estructura, la jerarquiza, la simplifica y la hace manejable a nuestra conciencia.

Nuestro cerebro puede organizar, jerarquizar y sistematizar la información. Sabemos que los dos primeros conceptos que adquiere el niño, antes de poseer lenguaje, son los de espacio y tiempo. Cuando el niño siente hambre, quiere ser alimentado por un pecho materno que no está ahí (espacio), sino que está distante, y tardará un cierto tiempo hasta que pueda saciar su apetito (tiempo).

Nuestra mente viene ya dispuesta para realizar dos operaciones básicas: almacenar la información y realizar operaciones sobre la información, que es una capacidad innata; por tanto, las dos únicas cosas que hay en nuestra mente son datos y operaciones. Las operaciones pueden ser de los objetos sobre nosotros, de nosotros sobre los objetos, o de unos objetos sobre otros. Desde Anaxágoras, allá por el siglo IV antes de Cristo, sabemos que junto a los datos y a los operadores siempre se produce algo que es concomitante a toda información: las emociones.

Aunque las emociones han estado tradicionalmente ausentes de los tratados del pensamiento, sin embargo, cada vez se está dando más importancia a la inteligencia emocional.

1.2. Categorización, ponerle nombre a las cosas

El libro del Génesis, el primero de la Biblia, nos dice que el primer hombre, Adán, para poder manejar tanta información como le llegada a los sentidos en el paraíso (animales, plantas, ríos, desniveles del terreno, estrellas, etc.), lo primero que hizo fue ponerle nombre a las cosas. Evidentemente, lo primero que hay que hacer para que sea posible manejar mucha información es categorizarla, ponerle etiquetas a las cosas, darle nombre a los objetos.

1.2.1. Los conceptos

Los conceptos son las representaciones mentales que mantenemos activas en el cerebro para poder establecer la correspondencia entre el mundo real y nuestro propio mundo subjetivo. Es importante darse cuenta de que los conceptos no son los objetos, ni las acciones en sí, aunque pretendan describir estados reales del universo. Este hecho hace posible entender expresiones como "tienes esto muy mal conceptualizado", así como trabajar sobre ellos e intentar entender cómo se forman y evolucionan. Los conceptos no sólo describen objetos estáticos e indivisibles, ni tampoco acciones de esta naturaleza, sino normalmente estados intermedios de interacción de la materia y, ¿por qué no?, de la antimateria (objetos que parecen estáticos, aunque sean un hervidero de interacciones en cierto equilibrio). Aunque se haya dicho que son los elementos básicos de nuestro pensamiento, las realidades que suelen denotar poco tienen de básico, lo cual convierte a los conceptos en construcciones a su vez compuestas por otros elementos.

El estudio científico de la formación de conceptos ha recurrido a la subdivisión del concepto en componentes más elementales. Los componentes más básicos son las dimensiones y los rasgos. Las dimensiones son características que un objeto o acción pueden poseer en mayor o en menor grado. Por ejemplo, la altura de nuestro árbol imaginario, el grosor del tronco o la forma redondeada o en aguja de su copa. Los rasgos son características que un objeto o acción puede o no poseer en absoluto. Por ejemplo, tener o no hoja caduca, hojas como agujas (pino), hojas como corazones, etc.

1.2.2. Diferentes tipos de categorización

El mundo se nos presenta caótico, por eso los hombres actuamos sobre él para construir un cosmos organizado racionalmente. Podemos organizar los datos basándonos en un criterio determinado, entre muchos posibles, y hacer secciones y subsecciones (por ejemplo, manzanas rojas, verdes, etc.).

Evolutivamente, comenzamos a categorizar el mundo de una manera informal, ya que el hombre primitivo utilizó conceptos que tradujo posteriormente a palabras onomatopéyicas, lo mismo que hacen ahora los niños cuando llaman al perro *"guau-guau"*. Esta forma de categorizar se denomina *informal*. El lenguaje informal es vago e impreciso, una misma palabra puede referirse a varios conceptos. Por otra parte, un concepto no siempre tiene límites bien definidos, de modo que sus referentes pueden ser de muy distinta índole.

Cuando se desarrolló suficientemente la cultura y se sintió la necesidad de distinguir con claridad entre un concepto y otro, comenzó a utilizarse el lenguaje *formal*. Este lenguaje se caracteriza porque cada concepto coincide con una palabra única que es clara y distinta. Por ejemplo, en Derecho, la palabra *dolo* es la voluntad deliberada de cometer un delito a sabiendas de su ilicitud.

Existen otras muchas formas de categorización según sea el criterio que utilicemos, como puede ser su origen, su función, su causa, etc.

Una distinción básica de separar los objetos es considerar si son naturales o modificados por el hombre. Los que encontramos en la naturaleza sin que el hombre los haya cambiado se denominan *naturales* y los modificados por la industria humana, *artificiales*. Todos los nombres son, como decían los clásicos, *"vox significativa ad placitum",* es decir una voz que significa lo que queremos que signifique; por tanto, depende de nuestra voluntad ponerle un nombre u otro a los objetos.

1.2.3. Características relevantes e irrelevantes

Todo concepto encierra en sí una serie de características propias. Por ejemplo, el concepto silla tiene como características distintivas tener una superficie adecuada para que se siente una persona, tener respaldo, una altura adecuada para sentarse cómodamente, no disponer de brazos, etc. Se dice que una dimensión es *relevante* si el objeto pierde su identidad si le falta esta dimensión (por ejemplo, un certificado de estudios que no lleve el sello de la entidad).

Una dimensión es *irrelevante* si el objeto no pierde su identidad aunque le falta esa dimensión (un chimpancé cojo sigue siendo un chimpancé). Una dimensión es *variable* si puede ser sustituida por otra equivalente (por ejemplo, un círculo puede ser rojo, verde o azul y sigue siendo un círculo).

El número de dimensiones relevantes hace que el concepto sea más o menos difícil. Los conceptos simples tienen menos dimensiones que los complejos. Cuando los psicólogos hacen experimentos con figuras geométricas utilizan normalmente dos o tres (círculos, cuadrados y triángulos), de dos o tres colores (azul, negro y verde) y dos o tres tamaños (grande, mediano y pequeño); el total de las combinaciones de tres categorías es 27 (tres elevado a tres).

1.2.4. Asignación de objetos artificiales a una categoría

Si tomamos el ejemplo de dos categorías (figura geométrica y color), podemos establecer la pertenencia de un objeto a unas determinadas categorías si respetan las restricciones que hemos puesto. En la figura 1.1 tenemos dos categorías que son dos figuras geométricas (cuadrado y círculo) y dos colores (negro y gris).

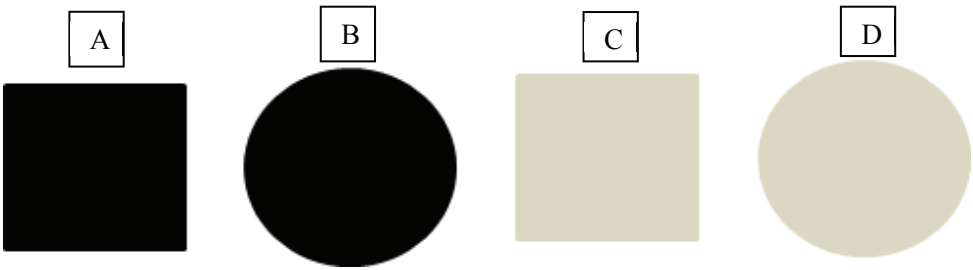


Figura 1.1. Combinación de dos rasgos: figura geométrica y color.

Para la asignación de un objeto a una categoría se suelen utilizar restricciones. Las más frecuentemente utilizadas son las siguientes. En la afirmación (N), por ejemplo, ponemos la siguiente restricción: sólo los objetos que sean negros pertenecen a esta categoría (figuras A y C). En la conjuntiva (N∧C) podemos poner la siguiente restricción: sólo los objetos que sean negros y cuadrados pertenecen a esta categoría (figura A). En la disyuntiva (N∨R) la restricción es: los objetos que sean negros o circulares pertenecen a esta categoría (figuras A, C y D). En la condicional (N→C) la restricción es: si un objeto es negro, entonces es cuadrado (figura A). En la bicondicional (N↔R) la restricción es: si algo es negro es circular y si es circular es negro (figura C).

1.2.5. Asignación de objetos naturales a una categoría

La asignación de los objetos naturales a una determinada categoría presenta muchas más dificultades que la de los objetos artificiales; algunas de esas dificultades son superficiales y otras de fondo. Los filósofos han discutido qué es un concepto y dónde está mentalmente representado nuestro conocimiento de los conceptos. Desde Aristóteles, los científicos han asignado los objetos a diferentes categorías según su género y especie, sin embargo, no es fácil determinar qué elementos constituyen la esencia de las cosas. Muchos investigadores han propuesto que un concepto estaría formado por aquellas condiciones que son necesarias y suficientes para formar parte de una categoría. Por ejemplo, en el concepto mamífero algunos pusieron como condiciones necesarias y suficientes que la hembra tuviera mamas, diera a luz a sus crías y las alimentara con su propia leche durante el primer periodo de su infancia. Sin embargo, existe una gran variedad en esta categoría (ballenas, delfines, ratones, murciélagos, ornitorrinco, etc.). Algunas de estas condiciones *necesarias* y suficientes no las cumple el ornitorrinco, que pone huevos y tiene glándulas mamarias sin pezones, pero los científicos lo consideran un mamífero, aunque para eso hayan tenido que eliminar algunas condiciones que antes se consideraban necesarias.

Wittgenstein señaló que los conceptos de la vida ordinaria no tienen una estructura rígida, sino que están relacionados mediante un conjunto de rasgos que guardan cierto *parecido familiar*. En la actualidad, los científicos utilizan diferentes tecnologías, como el análisis genético del ADN; para adscribir un objeto a un concepto. Mediante esa técnica han llegado a la conclusión que los seres humanos descendemos de al menos tres Evas distintas. Como dice Johnson-Laird (1993), los conceptos que corresponden a las clases naturales dependen de las teorías científicas sobre el mundo y, en muchas ocasiones, de nuestras propias teorías de andar por casa.

Sin embargo, los estudios de Eleanor Roch (1975) parecen apoyar la idea de que existen categorías perceptuales basadas en la fisiología humana, ya que los colores primarios (rojo, verde y azul puros) se identificaron con más rapidez que los secundarios. Los colores primarios tienen una base neurológica en los conos del sistema visual de algunos animales. En tareas parecidas interculturales, Rosch comprobó que existía una sensibilidad biológica para el reconocimiento de la buena figura, en contra de las figuras muy complejas o mal definidas.

1.3. Teorías sobre la formación de categorías

Diferentes estudios han intentado demostrar que existen categorías naturales a nivel perceptivo, semántico y neurológico. La escuela de la Gestalt afirmaba que el

mundo y nuestro sistema perceptivo son isomórficos, es decir, tienen una correspondencia bastante exacta entre las partes que conforman un conjunto y la base neuronal de nuestro cerebro. Sin embargo, no se ha identificado esta correspondencia en las teorías de la neurocomputación, que están marcadas por una persistente diferencia entre la explicación fenomenológica o experiencia perceptual de la visión y el nivel neurofisiológico de la descripción del sistema visual. En concreto, los conceptos tradicionales del procesamiento neuronal no ofrecen ninguna explicación de los aspectos holísticos de la percepción tal como la entendía la teoría de la Gestalt (Lehar, 2003). No es de extrañar que la psicología cognitiva haya abandonado la pretensión de establecer una teoría unificada de las categorías naturales y, en su lugar, haya buscado un cierto consenso a través de teorías como la de los *atributos*, el *mejor ejemplo*, o los *prototipos.*

1.3.1. Teoría de los atributos

La teoría de los atributos asume que las personan forman las categorías con las que operan para organizar el mundo sobre la base de definiciones. La teoría de los atributos no es más que la teoría aristotélica de la clasificación de los objetos según un cierto tipo de regularidades. Aquellos objetos que tienen algunos atributos semejantes se colocan dentro de un grupo que posee esas mismas características. Las aves comparten entre ellas un conjunto de atributos que están ausentes en el resto de los animales, como el tener plumas, pico o huesos huecos. Otros animales pueden tener alguno de estos atributos por separado, pero no este conjunto bien definido.

La labor de los científicos es identificar estos atributos y decidir si son exclusivos de ciertas categorías o si son compartidos por otras poblaciones. Atributos exclusivos de los mamíferos son producir leche materna; atributos exclusivos de los bolígrafos es tener una punta circular que gira al final de un depósito de tinta, etc. Los atributos que son exclusivos de una población se denominan *definitorios*. Estos atributos son exclusivos en un conjunto de seres. Estos rasgos son necesarios y suficientes para determinar la inclusión en una categoría (tener plumas es exclusivo de las aves).

Los rasgos *característicos* son comunes a los miembros de una categoría, pero no son los que deciden su inclusión dentro de este universo. Por ejemplo, volar es característico de las aves, sin embargo, algunas aves vuelan muy poco o nada, mientras que otros animales, como los murciélagos, vuelan sin ser aves, sino mamíferos. Los rasgos típicos o característicos no son considerados por los científicos que hacen las clasificaciones de los animales o de las plantas para su inclusión dentro de una categoría, de lo contrario podríamos considerar aves a los murciélagos y a la ardilla voladora, por ejemplo.

1.3.2. Teoría de los prototipos

Los modelos del prototipo tienen un antecedente lejano en las ideas platónicas. Al igual que las ideas de Platón, los prototipos no existen en el mundo real, sino solo en nuestra mente y consisten en un conjunto de características que poseen en común los diferentes individuos que pertenecen a ese grupo.

Los modelos del prototipo asumen que las categorías son representadas por un conjunto de rasgos de una categoría que puede aportar información sobre las características comunes, la media de los valores de las categorías o incluso, las características ideales de una categoría. Los modelos del prototipo asumen que la clasificación se hace en base a lo que un objeto tiene de semejante con el prototipo.

Las categorías son fundamentales para la cognición y la habilidad para aprender y usar conceptos, de modo que estas están presentes en humanos y animales. La visión del prototipo asume que la categoría de algo existente (objetos, animales, figuras, etc.) puede ser representada en la mente por un prototipo. Un prototipo es una representación cognitiva que captura las regularidades y comunalidades entre los miembros de una categoría y puede ayudar a un perceptor a distinguir los miembros de una categoría de los que no lo son. El prototipo de una categoría se puede describir como la tendencia central de la categoría. El prototipo agrupa una lista de frecuencias de características y puede ser considerado como el miembro ideal de una categoría.

El prototipo se parece más a los miembros de una categoría y es menos semejante a los miembros de otras categorías.

Los objetos se clasifican comparándolos con un prototipo que está almacenado en la memoria, de esta manera se evalúa la similitud entre ellos. Una vez establecida la semejanza, el objeto se puede clasificar como miembro de la familia a la que pertenece el prototipo.

Los prototipos no tienen una base empírica, sino un fundamento más filosófico.

La teoría del prototipo se puede utilizar como un modelo computacional que permite al investigador hacer predicciones específicas sobre los ejemplares y determinar si pertenecen o no a la categoría del prototipo.

Algunos autores han sugerido que esta teoría se podría mejorar a través de la incorporación de esquemas que estructuren la simple lista de atributos. Sin duda, la meta de toda ciencia es construir clasificaciones exhaustivas que tengan una base sólida en atributos claros y distintos, con límites bien definidos.

1.3.3. Teoría del mejor ejemplo

Los prototipos son esquemas mentales de una clase que no existe en la realidad y, por tanto, no representa a ningún objeto concreto particular. La teoría del mejor

ejemplo descarta la necesidad de incorporar un ente abstracto, como hace la teoría de los prototipos. Tversky (1977) afirma que las representaciones dimensionales son apropiadas para ciertos estímulos (colores, tonos), pero no para otros. Parece más apropiado representar caras, países o personalidades en términos de muchos rasgos cualitativos que en términos de unas cuantas dimensiones cuantitativas.

Según esta nueva perspectiva, los objetos no tienen una representación ideal, prototípica, sino basada en ejemplares. De acuerdo con esta teoría, en la memoria tenemos una colección de representaciones de ejemplos particulares de un concepto. Hace unos años, el ejemplar más frecuente de manzana era la manzana reineta, pero actualmente, dada su escasez, difícilmente se considera el mejor ejemplo de manzana.

El establecimiento del mejor ejemplo como estereotipo de una determinada categoría se realiza de forma empírica. Por ejemplo, se puede pedir a la gente que diga el nombre de diez frutas. Las puntuaciones se asignan de mayor a menor, dándole la puntuación mayor a la primera fruta que viene a la mente. Estadísticamente se considera el mejor ejemplo aquella fruta que tiene una puntuación mayor dentro de una población. El inconveniente que tiene este método es que está muy influido por el contexto. En los países tropicales, seguramente muy poca gente elegiría en primer lugar la manzana como el mejor ejemplo de fruta.

Medin y Schaffer (1978) desarrollaron el modelo de la teoría del contexto para la clasificación de categorías. Según este modelo, los sujetos almacenan ejemplares de una categoría en la memoria. La clasificación se basa en la similitud de algunos estímulos de los ejemplares almacenados.

Por ejemplo, el modelo asume que solemos representar la categoría de mamífero almacenando en la memoria una amplia colección de diferentes mamíferos (hombres, perros, gatos, caballos, etc.) que hemos visto. Si vemos un animal nuevo, por ejemplo un camello, que es semejante a alguno de los ejemplares de mamífero que conocemos, entonces tendemos a clasificar el animal como mamífero. Esta forma de categorizar por ejemplares contrasta fundamentalmente con la teoría de los prototipos, que asumen que la gente forma representaciones de categorías abstractas idealizadas.

En la versión estándar del modelo del contexto generalizado, los ejemplares se representan como puntos en un espacio psicológico multidimensional. Una asunción crucial de este modelo es que la semejanza no es invariante, sino altamente dependiente del contexto. La dependencia del contexto hace que la semejanza sea modulada en términos de un conjunto de pesos de atención selectiva que, como es lógico, modifica sistemáticamente la estructura del espacio psicológico en el que están los ejemplares. Finalmente, el modelo asume que los ejemplares individuales pueden ser almacenados en la memoria con diferente fuerza. La fuerza memorística de un ejemplar puede estar influida por factores como la

frecuencia de la presentación, la recencia, el contexto en que aparece y otras formas de retroalimentación durante el aprendizaje.

1.4. Organización de los conceptos en categorías

Los seres humanos tenemos una enorme cantidad y variedad de conocimientos. La información que almacenamos en nuestra memoria a largo plazo es fundamentalmente de tres tipos: conocimiento de objetos, de operaciones sobre los objetos y el concomitante omnipresente en todo acto cognitivo, que son las emociones, que están ligadas a todo acto mental.

El acceso a los objetos se suele realizar a través de un conocimiento gestáltico del propio objeto; así conocemos perros, casas, manzanas. Junto al objeto gestáltico percibimos algunas cualidades inherentes a esos objetos: los perros ladran, las manzanas se comen, los coches corren. Con la experiencia vamos adquiriendo nuevos conocimientos sobre las propiedades de los objetos, lo que nos ayuda a establecer conexiones con otros objetos y a organizarlos en categorías. Dado que los objetos tienen muchas propiedades, pueden ser incluidos en diferentes categorías. Por ejemplo, una manzana puede ser incluida en la categoría de fruta o en la categoría del valor económico para la exportación, de su valor dietético por el contenido en vitaminas o incluirse entre los árboles ornamentales de algunos jardines.

Cuando almacenamos un objeto en la memoria le adjuntamos todas las características que conocemos de él; esto supone que podemos acceder a ese objeto por diferentes caminos. Si le preguntamos a un economista que nos diga algo sobre la manzana, seguramente nos contará que la exportación de manzanas ha aumentado un 7%, lo que representa un valor económico de 700 millones de dólares. El acceso a la manzana, en su caso, es a través de su valor económico. Por otra parte, somos conscientes que tanto el número de características, de operaciones que podemos hacer con un objeto y de los ámbitos desde los que puede ser analizado, cambian constantemente con la experiencia. Esto implica que su recuperación de la memoria a largo plazo pueda ser una labor muy compleja. En este sentido se puede decir que la organización conceptual de los objetos tiene una pluralidad de entradas y el acceso al léxico se puede realizar a través de tantos puntos como conexiones tiene en el conocimiento de una persona. Los accesos más privilegiados serán, sin duda, los que son más utilizados, los que tienen un mayor interés o los más recientemente utilizados.

1.4.1. Organización jerárquica del conocimiento

Rosch et al. (1976) afirman que el parecido familiar puede ayudarnos a entender los conceptos jerárquicos, ya que la estructura correlacional de las características

crea agrupaciones naturales de instancias que se corresponden con lo que ellos denominan categorías de nivel básico. Por ejemplo, tener aletas correlaciona con vivir en el agua, tener alas con volar. La primera característica nos conduce hacia los peces, mientras que la segunda lo hace hacia las aves. La idea fundamental que exponen estos autores es que las categorías de nivel básico maximizan la semejanza dentro de una misma categoría y minimizan la semejanza con el resto de las categorías.

Collins y Quillian (1969) presentan un ejemplo parecido al que aparece en la figura 1.2.

Las categorías se organizan en tres niveles: nivel *superordinado* (ave), nivel *básico* (representan objetos concretos, paloma) y nivel *subordinado,* que representa una variedad de paloma (paloma zurita). La idea general es que las categorías del nivel básico (boa, caimán, gorrión, emú) son las más utilizadas en el lenguaje ordinario y son preferidas tanto por los niños como por los adultos; son las primeras categorías que aprenden los niños, tienen un tiempo de reacción menor ante los estímulos y cuentan con algunas propiedades que indican que poseen un estatus especial en el lenguaje y en la conceptualización de objetos.

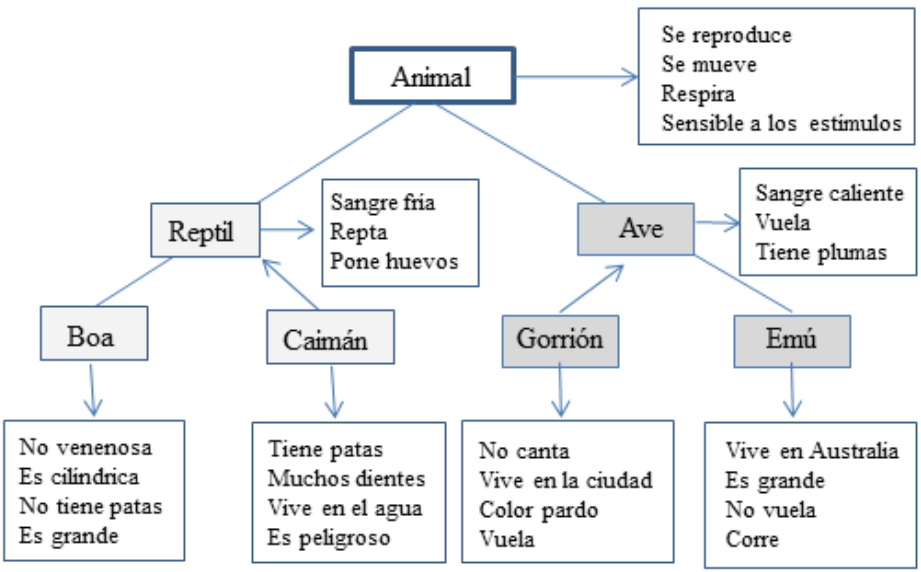


Figura 1.2. Red semántica jerárquica. Los elementos subordinados tienen todas las características de la jerarquía superior

La gran ventaja de la jerarquización de los conceptos es que se ahorra una gran cantidad de energía para el aprendizaje de los elementos que están bajo un nodo superior. Nuestro cerebro gasta mucha energía cuando utiliza la corteza cerebral, lo que algunos denominan el sistema 2, mientras que el sistema 1 apenas gasta energía. La gran ventaja de utilizar sistemas subordinados, jerarquizados, es que gran parte de los conocimientos que se tienen de una categoría se pueden aplicar al resto de sujetos que integran ese conjunto. Por ejemplo, si la lúcuma es una fruta, sin haberla visto sabemos que se produce en un árbol, que tiene piel, una parte carnosa comestible, semilla, contiene vitaminas, proteínas, hidratos de carbono, azúcares, etc., ya que todas las frutas comparten estos elementos. Las pequeñas diferencias, como el color, la forma o el tamaño, definen la especificidad de esta fruta y su diferencia con las demás.

Las críticas que se le pueden hacer al modelo son: a) no es predictivo respecto a que exista una vinculación más fuerte respecto al nodo más cercano. Por ejemplo, los sujetos respondían más rápidamente a: *un perro es un animal* (nodo más lejano) que a *un perro es un mamífero* (nodo más cercano); b) se viola el principio de economía en algunos casos, por ejemplo: *un canario tiene piel* (típico de todos los animales), consume más energía que *un canario puede cantar* (típico de las aves canoras); c) esta teoría no explica la organización jerárquica con aquella información que no es susceptible de ser jerarquizada, como, por ejemplo, toda aquella información que no se ha obtenido a través de la experiencia, sino mediante procesos inferenciales.

Evidentemente, esta forma de organizar el pensamiento tiene muchas ventajas, pero solo es válida para las cosas que son susceptibles de ser jerarquizadas.

1.4.2. La teoría de la propagación de la activación

Los conceptos pueden ser representados como un nodo en una red y las características del concepto, mediante vínculos relacionados desde su nodo a nodos de otros conceptos. Estos enlaces se representan mediante flechas que normalmente van en ambas direcciones. Las conexiones pueden tener diferente fuerza asociativa y se señalan mediante cantidades (véase la figura 1.3).

La propagación de la activación se expande constantemente, primero a todos los nodos vinculados al primer nodo, luego a todos los nodos vinculados a cada uno de estos nodos y así sucesivamente (Collins y Loftus, 1975).

En esta teoría no existe relación jerárquica, ya que la activación se produce por conexiones asociativas entre los distintos elementos que vienen a la memoria. La activación comienza cuando un estímulo activa un concepto y a todos los que están en la misma asamblea de neuronas (en expresión de Lorente de Nó). La

asociación es tanto más fuerte cuanto más cercana está en el espacio y en el tiempo.

La asociación no es simultánea, sino secuencial, se van conectando progresivamente nuevos conceptos. Siguen las leyes de la asociación, como son la frecuencia, la semejanza, el contraste y la recencia, entre otras.

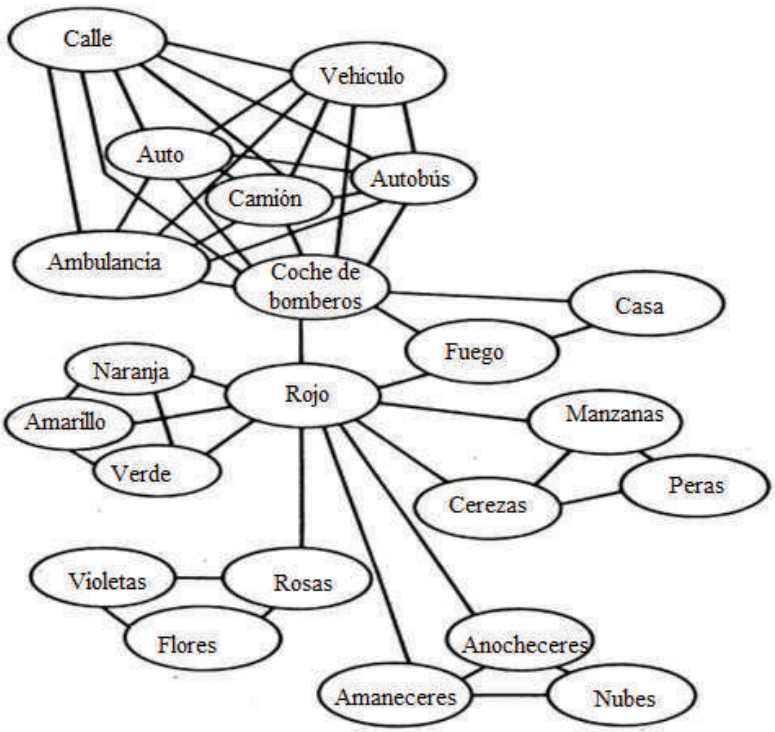


Figura 1.3. Representación esquemática de la relación entre conceptos. La longitud de las líneas indica la cercanía entre los conceptos, según Collins y Loftus (1975).

1.5. Organización del conocimiento de conceptos y operadores

Estos modelos que hemos presentado son aplicables fundamentalmente a conceptos relacionados con categorías en los que no intervienen los operadores, son básicamente conceptos yuxtapuestos, sin una interacción entre ellos. En el apartado siguiente veremos algunos esquemas más complejos, donde tanto los conceptos

concretos como los abstractos interactúan entre sí a través de operadores. La mayoría de los verbos son operadores, excepto algunos que indican cualidades o posiciones de los objetos, como, por ejemplo, el verbo ser, tener, poder.

Los verbos que son básicamente operadores unen varios objetos en la misma proposición. Por ejemplo, *el perro mordió el hueso*. En esta proposición tenemos dos objetos (perro y hueso) y un operador (mordió). Algunos signos matemáticos y lógicos también son operadores. Por ejemplo, 2+8. En este caso tenemos dos conjuntos de objetos (2 y 8) y un operador (el signo +). A continuación, ponemos algunas de las características propias del conocimiento declarativo y del procedimental:

- El conocimiento declarativo (que informa sobre el estado del mundo) se refiere al conocimiento acerca de las cosas y se cree que está representado en la memoria como una red interrelacionada de hechos en forma de proposiciones.
- El conocimiento procedimental (que indica las operaciones que debemos realizar sobre los objetos) es el conocimiento sobre cómo ejecutar acciones.
- El conocimiento declarativo puede traducirse a palabras, mientras que el conocimiento procedimental es más difícil de verbalizar explícitamente.
- El conocimiento declarativo nunca desencadena acciones sobre el mundo directamente, pero puede activar el conocimiento procedimental responsable de esas acciones.

Solo los conceptos que se hallan activados en la memoria de trabajo tendrán influencia sobre el conocimiento procedimental.

Por este motivo, el concepto de activación es central en los modelos que utilizan conceptos y operadores.

1.5.1. Modelo del Control adaptativo del pensamiento

El Control adaptativo del pensamiento fue propuesto por Anderson en 1983 y desde entonces ha evolucionado hacia una estructura más compleja. En este apartado proponemos el esquema que expuso este autor en 2004. El Control adaptativo del pensamiento-racional (ACT–R) consta de varios módulos y explica cómo estos módulos están integrados para producir una cognición coherente. Tiene un módulo perceptual-motor, un módulo de meta y un módulo de memoria declarativa, que son ejemplos de sistemas especializados del ACT–R.

La aportación más novedosa es que estos módulos están asociados con distintas regiones corticales. Estos módulos colocan grupos de buffers donde puedan

ser detectados por un sistema de producción que responde a patrones de información en estos buffers. En cualquier momento, se selecciona una única regla de producción para atender al problema actual.

Existen procesos subsimbólicos que sirven para guiar la elección de reglas y operaciones a realizar por algunos módulos. Gran parte del aprendizaje implica afinar estos procesos subsimbólicos (Anderson et al., 2004).

La figura 1.4 ilustra la arquitectura básica de ACT–R 6.0. Consiste en un conjunto de módulos, cada uno dedicado a procesar un tipo de información: un módulo visual para identificar los objetos en el campo visual, un módulo manual para el control de los movimientos corporales, un módulo para recuperar información de la memoria declarativa y un módulo de meta para seguir las metas actuales e intencionales.

Existe un sistema de producción central que sólo puede responder a una cantidad limitada de información que se deposita en los buffers de estos módulos. Las personas no son conscientes de toda la información que tienen en la memoria a largo plazo, sino solo de lo que está siendo analizado en ese momento.

Como puede apreciarse, los buffers de cada módulo pasan información de ida y vuelta al sistema central de producción. El núcleo del sistema de producción puede reconocer los patrones de estos buffers y realizar cambios (Anderson et al., 2004, Lebiere et al., 2013).

Estos autores introducen la neuroanatomía como explicación de su modelo. Así, las zonas más importantes del cerebro en este modelo son la corteza frontal dorsolateral (DLPFC) y la corteza frontal ventrolateral (VLPFC); también los ganglios basales implementan la producción de reglas en ACT-R a través del striatum, que tiene una función de reconocimiento de patrones, el pallidum, cuya función es solucionar conflictos, y el tálamo, que controla la ejecución de acciones de producción. Dado que la producción de reglas implica a la memoria procedimental, a los ganglios basales le corresponden los movimientos que favorecen el aprendizaje procedimental.

Una característica muy valorada del modelo es que permite el aprendizaje. Los fragmentos (chunks) se aprenden automáticamente al registrarse un suceso perceptual o motor, o al completarse algún objetivo. Además de los fragmentos, también se pueden aprender nuevas reglas de producción a través del mecanismo de recopilación de producción, ya que combina en una única regla otras dos que se hayan disparado en serie.

La última revisión corresponde, al menos en parte, al deseo de hacerlo más poderoso al emparejar sus elementos con las estructuras neurales adyacentes. El autor le ha dado muchas aplicaciones, entre las más importantes quizás podemos citar el aprendizaje (en opinión de él tristemente descuidada por muchos) y la transferencia del procesamiento deliberado al automático como consecuencia del incremento de la práctica.

En resumen, este modelo ofrece la posibilidad de explicar cómo se relacionan los diferentes procesos cognitivos. Permite la aplicación de un modelo teórico a la implementación virtual de cualquier modelo cognitivo. Estos modelos, como era de esperar, pueden utilizarse como predictores de la conducta humana normal y patológica.

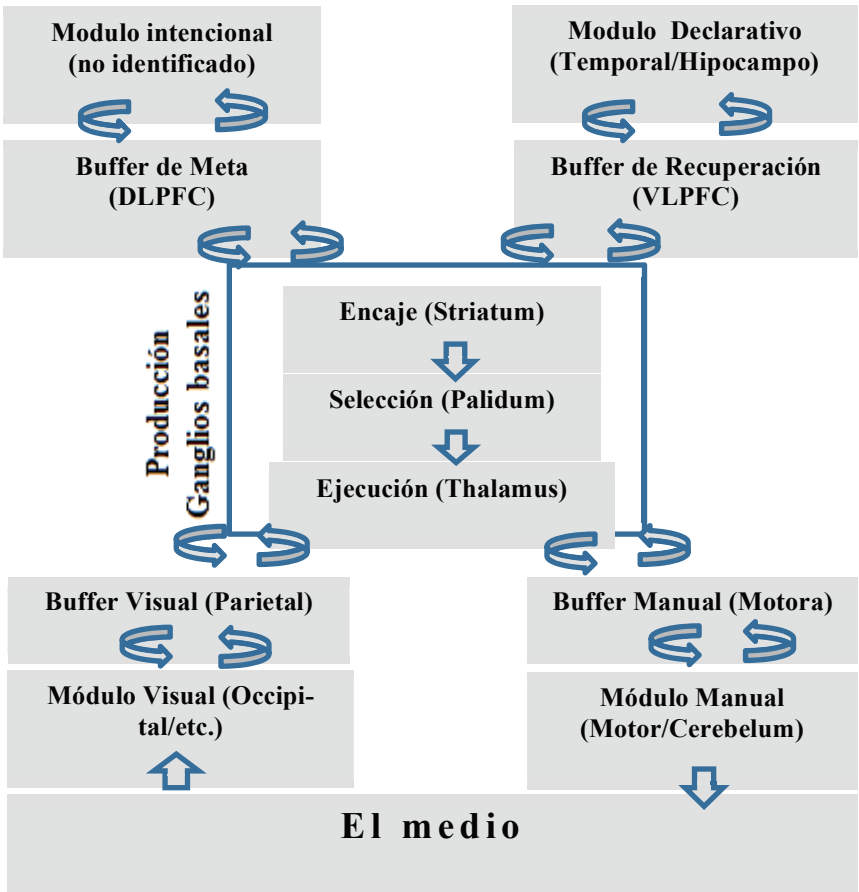


Figura 1.4. La organización de la información en ACT–R 5.0. La información de los buffers asociados con módulos es respondida y modificada por reglas de producción. DLPFC (córtex prefrontal dorsolateral) y VLPFC (córtex prefrontal ventrolateral). Además de lo señalado, el módulo de la imaginación se ha asociado con la activación del lóbulo parietal posterior.

1.5.2. Representación computacional del pensamiento proposicional

El principal trabajo en la ingeniería del conocimiento se ha enfocado al conocimiento y su representación en una forma computacional. Sin embargo, antes de poner de relieve el conocimiento hay que representarlo, integrarlo y transformarlo de modo que sea comprensible. Por tanto, existe la necesidad de separar la representación del conocimiento de la comprensión humana del razonamiento computacional, lo que llevará a una mejor representación del primero. El modelado de la comprensión humana se llama representación del conocimiento conceptual.

La ingeniería del conocimiento es una parte importante de la captura y representación del conocimiento sobre el mundo real, por lo que se puede usar en muchos tipos de sistemas de información, utilizando sistemas de software que soporten aplicaciones artificiales inteligentes. Sin embargo, la ingeniería del conocimiento continúa siendo manual y difícil debido, en parte, a los problemas básicos que tenemos para comprender el mundo real, capturar la semántica del mundo real y proponer una representación de los conceptos del mundo real en una forma que los seres humanos puedan entender. Por todo esto, la ingeniería del conocimiento es tan difícil y la calidad del conocimiento capturado y representado hasta el momento no es óptima.

1.6. Representación del conocimiento

Cuando hablamos de representaciones nos referimos a que algo real es sustituido por un símbolo en su ausencia. Las representaciones externas pueden ser de dos tipos, pictóricas o verbales, expresadas a través de imágenes o expresadas a través de palabras. Una escultura o un cuadro de Carlos I representan al personaje histórico mediante una imagen, mientras que un relato sobre sus hazañas es un símbolo verbal. En cuanto a las representaciones internas no existe consenso. Algunos autores son partidarios de la Teoría del Código único (representaciones proposicionales), mientras otros defienden la Teoría del Código dual (imágenes y proposiciones).

1.6.1. Teoría del Código dual

Para Paivio (1986), se pueden delimitar dos sistemas interconectados (con uniones referenciales), pero independientes, en relación con el pensamiento humano, un sistema verbal y otro no verbal. Ambos tienen su especialización para la codificación, organización, almacenamiento y recuperación de distintos tipos de información, el no verbal centrado en el procesamiento de información espacial y

sincrónica, el verbal centrado en el procesamiento secuencial de información lingüística. Ambos sistemas pueden ser subdivididos en sistemas sensomotrices (visual, auditivo, olfatorio, táctil y cinético).

Algunas investigaciones han apoyado estas teorías: por ejemplo, los conceptos representados con imágenes se recuerdan con más facilidad que los que han usado el código verbal; las palabras menos abstractas que evocan una imagen suelen valerse de una entrada por la doble vía; el recuerdo de textos mejora si la historia se representa con imágenes. De los experimentos que implicaban rotación de imágenes se desprende la conclusión de que las imágenes parecen preservar las características de los objetos reales que sustituyen (Kosslyn, 1983).

1.6.2. Teoría del Código único

Algunos autores rechazan la teoría de Paivio y sostienen que sólo existe un código único para representar el pensamiento, el proposicional.

La teoría proposicional afirma que las representaciones mentales se almacenan como proposiciones, no como imágenes. Las proposiciones, en este caso, se definen como el significado que subyace a la relación entre conceptos.

Las representaciones proposicionales nos brindan la posibilidad de manipular el contenido ideacional de manera amodal, universal y abstracta (todas las personas, independientemente del lenguaje concreto en el que se expresan, manejan conceptos y establecen relaciones entre ellos, además de ser capaces de convertir a este código información proveniente de cualquier modalidad).

Anderson y Bower (1973) defienden que la representación proposicional es suficiente para cualquier tipo de representación del conocimiento. Argumentan estos autores que, en primer lugar, una representación proposicional es esencial por motivos independientes. En segundo lugar, una representación proposicional puede manejar todos los fenómenos adscritos a una representación pictórica. Por tanto, por motivos de parsimonia, no es necesario asumir las representaciones pictóricas como complementarias a las representaciones proposicionales.

1.7. Esquemas o guiones

Los esquemas o guiones (scrips) codifican el conocimiento de eventos estereotipados. Informan sobre las secuencias ordenadas de hechos y derivaciones de estos hechos (Schank y Abelsol, 1977). Estos autores proponen como ejemplo el restaurante que codifica información sobre lo que suele suceder cuando vamos a comer allí. El esquema estereotipado nos ayuda a comprender y a sacar inferencias del comportamiento de los agentes, también nos ayuda a desambiguar situa-

ciones o lenguajes ambiguos. Por ejemplo, *Juan y su mujer fueron al restaurante y pidieron carne poco hecha. Él dejó una buena propina y se marchó*. De este relato podemos sacar algunas inferencias: Juan y su mujer comieron la carne, les gustó mucho la comida, se sintieron a gusto. Conocer el esquema de un restaurante nos ayuda a comprender la conducta del matrimonio, de los camareros, del chef, etc.

Los esquemas se utilizan para el desarrollo de una enorme variedad de actividades. Para escribir una sinfonía, por ejemplo, hay que seguir unas reglas protocolarias que nos constriñen a un modelo específico dentro de la música clásica. El esquema de un soneto no tiene nada que ver con el de una décima y así, cada actividad está programada de antemano. La creatividad, en este caso, no está en salirse del guion, sino en conseguir que el contenido sea deslumbrante.

La idea de esquema o guion resulta plausible desde un punto de vista psicológico, puesto que se ha encontrado una gran coincidencia intersujeto a la hora de describir los principales eventos que suceden, por ejemplo, en una visita a un restaurante para comer. También parece que los esquemas sirven para liberar al sistema cognitivo del esfuerzo de tener que llevar a cabo un análisis completo de una escena visual. Los estudios muestran que se dedica más tiempo a observar dibujos que representan escenas en las cuales algún objeto no encaja. La mirada se detiene casi el doble de tiempo en detalles que no encajan que en los que encajan en un primer escrutinio.

1.8. Resumen

Nuestro cerebro recibe tanta información cada segundo que sería imposible manejarla si no tuviese a su alcance algunos mecanismos para hacerla asequible. Crear conceptos universales es una de sus estrategias. Al ponerle nombre a los objetos, el ser humano libera al cerebro de una enorme carga de trabajo, ya que cada concepto encierra una gran cantidad de objetos. El concepto manzana, por ejemplo, hace referencia a millones de objetos que tienen parecido entre ellos.

El cerebro también ha ido acumulando mediante la experiencia una serie de operaciones que se repiten rutinariamente en la vida: golpear, comer, doblar, sumar, etc. Todo este cúmulo de acciones se almacena en la memoria en forma de operaciones que podemos realizar. Si ahora juntamos los objetos con las operaciones, tenemos una amplia variedad de posibles o imposibles acciones sobre determinados objetos. A una manzana le podemos aplicar la operación de comer, pero no se la podemos aplicar a las llaves del coche.

Los objetos los podemos agrupar jerárquicamente dentro de categorías, de modo que todos los objetos que están bajo una categoría tengan las mismas características generales que la categoría superordinada. Si una paloma es un ave ten-

drá todas las características de las aves, más algunas características peculiares. De modo que, sin saber las características peculiares, sabemos muchas cosas de la paloma como ave: tiene pico, alas, plumas, cloaca, etc.

Para clasificar los objetos e incluirlos dentro de una categoría se han utilizado diferentes teorías que van desde las más filosóficas, como son los prototipos, hasta las más ligadas a la frecuencia estadística, como es el mejor ejemplo o la teoría de los atributos.

Cuando los conceptos no se pueden establecer jerárquicamente, entonces utilizamos una teoría llamada de la propagación de la activación, que tiene su base en la teoría de la asociación. Los objetos forman constelaciones debido a su proximidad en el tiempo, en el espacio, en la semejanza, en la frecuencia de aparición o en la recencia.

Los esquemas, o guiones, son estructuras estereotipadas de situaciones o eventos más complejos. Los esquemas nos sirven para desenvolvernos de una manera adecuada en situaciones en las que es necesario seguir un protocolo. Los que pilotan los aviones tienen un guion o esquema de actuación que siguen rutinariamente. A un nivel menos estructurado, todos seguimos determinados guiones cuando tenemos ante nosotros una tarea compleja, como comer en un restaurante.

2
El método inductivo

2.1. Introducción

La mayoría de los tratados sobre psicología del pensamiento sitúan el capítulo sobre el método deductivo antes que el correspondiente al método inductivo. Pero, sin duda, el método inductivo fue utilizado por los seres humanos con anterioridad al método deductivo, ya que este solamente se puede usar cuando existe un conocimiento muy amplio, estructurado y consensuado por gran parte de los científicos de la época o cuando existe consenso en una cultura respecto a algunos conocimientos.

Cuando Aristóteles presentó el silogismo como un prototipo del método deductivo, las premisas en las que se basó la deducción fueron consideradas verdaderas, puesto que había consenso sobre ellas en esa cultura helénica. El silogismo más utilizado *(todos los hombres son mortales, Juan es hombre, luego Juan es mortal),* supone que todos los seres humanos son mortales y que esto está consensuado como una realidad indiscutible.

Históricamente, la deducción es la meta de toda ciencia. Evidentemente, si somos capaces de crear ciencia, esta se supone que está bien consolidada en la experiencia y en el quehacer científico de los sabios. Una vez establecida la ciencia, es decir, el conocimiento inmutable de la realidad, es muy fácil utilizar estos conocimientos para sacar conclusiones respecto a los hechos cotidianos de la vida. De esta manera, si es una verdad indiscutible que todos los hombres son mortales, no podemos extrañarnos de que no existan en nuestra sociedad personas mayores de 150 años.

Muchos autores han afirmado rotundamente que el método deductivo ha sido el fundamental desde Aristóteles hasta el siglo XVII de nuestra era. Sin embargo, Aristóteles utilizó el método inductivo de forma sistemática, aunque como un medio para poder llegar al método deductivo, el método propio de una ciencia establecida. Aristóteles utilizó el método inductivo de esta manera: en primer

lugar, mediante la observación recogía gran cantidad de datos de la naturaleza. En segundo lugar, observaba las regularidades que se daban en esos datos recogidos por los sentidos. En tercer lugar, eliminaba todos los elementos accidentales, poco significativos, que no eran comunes a todos los objetos que presentaban esas regularidades. En cuarto lugar, el entendimiento construía una idea que recogiese los elementos fundamentales, esenciales, y que fueran comunes a todos los objetos que presentaban semejanzas. El resultado final de la inducción era la construcción de un concepto abstracto que integraba un conjunto de regularidades que aparecían en diferentes objetos o eventos. Por ejemplo, podemos ver muchas aves, unas son grandes, otras son pequeñas, algunas son negras, otras tienen colores brillantes, etc. Nuestro entendimiento analiza los elementos fundamentales de las aves: todas tienen pico, alas, dos patas, plumas. Con estos elementos se construye el concepto ave. Aquellos elementos que no son esenciales, simplemente no se tienen en cuenta. Aristóteles diría que el color, el tamaño, el peso, no son esenciales para ser un ave. De este conjunto se eliminan todos aquellos animales que no tienen estas características.

Durante la Edad Media, una época en la que no avanzaron mucho las ciencias, los filósofos vivieron de las rentas de la filosofía de Aristóteles y de la fisiología de Hipócrates y Galeno. Por eso no es de extrañar que utilizasen un *corpus* científico bien establecido, inmutable, definitivo y, por tanto, pudieran emplear el método deductivo.

En el siglo XVI algunos autores revindicaron la utilización del método inductivo. El más significativo de ellos es Juan Luis Vives, quien expresa la necesidad de investigar de abajo arriba, es decir, utilizando el método inductivo, en su obra *De anima et vita*.

2.2. La inducción en la historia más reciente

Cuando el espíritu de la sabiduría se le aparece a Descartes, le enseña la verdad admirable. Este descubrimiento fue tan importante para él que incluso formuló una promesa de tipo religioso: hacer una peregrinación al santuario de Loreto. ¿En qué consistía realmente esa verdad admirable? Simplemente, en que las cualidades observables y cuantificables son reales, mientras que las que no son observables ni cuantificables no tienen una existencia real fuera de nosotros. La ciencia, por tanto, tendría que dedicarse en el futuro a observar el mundo y a medirlo. De esta manera, estaban puestos los cimientos del método científico: el método inductivo.

En el siglo XVII surge en Inglaterra un movimiento que valora de manera explícita este método inductivo. La forma de investigar del científico la expuso con detalle Francis Bacon (1561-1626). El método consiste en una recopilación de

datos lo más amplia posible, lo que nos permitirá hacer generalizaciones. Esto nos habilitará para formular una regla general, una ley que se aplique no solo a los ejemplares examinados, sino también a muchos otros que guardan una estrecha relación con estos. Esta generalización se basa en los rasgos que un conjunto finito de objetos tiene en común.

El problema fundamental que existe en la *generalización* es determinar los límites precisos a los que se aplica esta ley. En ese sentido, podemos pecar por exceso o por defecto. Podemos hacer una sobregeneralización cuando aplicamos esta regla a individuos que no pertenecen a un universo determinado. Este error puede ser subsanado aplicando el principio de *especialización*. Con este principio, lo que intentamos es eliminar todos aquellos casos que no sean positivos, es decir, excluir a los que no son miembros de este universo al que se refiere la ley.

Ya en el siglo XIX el método inductivo se enmarca dentro de lo que se denomina el positivismo. El principio fundamental del positivismo es que la experiencia es el único objeto de conocimiento humano, así como su único criterio. Los argumentos del positivismo son que el análisis psicológico muestra que todo el conocimiento humano puede reducirse, en última instancia, a experiencias sensoriales y asociaciones empíricas (Comte: *Cours de philosophie positive* II, 15 sqq.).

A principios del siglo XX irrumpe con fuerza el neo-positivismo lógico, que enfatiza el método inductivo resaltando de un modo especial la *verificación* de todos los datos para ver si cada uno de ellos es un caso positivo de la regla que los engloba. En sus formulaciones más extremas sostiene que una proposición es "cognitivamente significativa" solo si existe un procedimiento finito para determinar concluyentemente su verdad (Hempel, 1950). Una consecuencia de la aplicación de este principio es que la metafísica, la teología y la ética, que no siguen este criterio, no son ciencias.

Uno de los críticos más conocidos del positivismo lógico es Karl Popper, quien en su libro *Logik der Forschung (Lógica del descubrimiento científic*o), publicado en 1934, sostiene que el criterio de verificabilidad de los positivistas es un criterio excesivo para la ciencia y debe ser sustituido por un criterio más adecuado, el de falsabilidad, ya que el criterio de verificabilidad es inabarcable, inconmensurable y, por tanto, imposible de aplicar. La falsabilidad, por el contrario, evita los problemas filosóficos inherentes a la verificación de una inferencia inductiva.

Popper propone como alternativa el método hipotético deductivo. Este método parte de la observación de la realidad. Después, el científico sugiere una hipótesis explicativa de esta realidad, de la posibilidad de que existiera en otro contexto y de que se modificara alguno de sus elementos, etc. Es decir, las hipótesis son alternativas a la existencia real de un objeto o de un evento. Algunas hipótesis pueden ser realistas, otras fantasiosas o descabelladas. No importa el tipo de hipótesis que uno se plantee, lo fundamental es analizar las consecuencias que se deri-

varían sí esa hipótesis fuese real. Las hipótesis se tienen que comprobar deduciendo las consecuencias específicas que se derivan de ella y averiguando si esas consecuencias son verdaderas.

En la verificación nunca se puede estar seguro de haber comprobado todas y cada una de las posibilidades existentes en el universo. Respecto a la comprobación de las consecuencias de la hipótesis, nunca se podrá demostrar que una hipótesis concreta es completamente verdadera; aunque, si una sola de las consecuencias previsibles no se diera, la hipótesis sería falsa.

2.3. Tipos de inducción

La principal diferencia que existe entre deducción e inducción es que la deducción parte de un conocimiento consensuado como verdadero, en el que lo conocemos prácticamente todo sobre un determinado universo; mientras que en la inducción desconocemos una gran cantidad de cosas sobre un determinado universo. En el clásico silogismo: *"todos los hombres son mortales, Juan es hombre, luego Juan es mortal",* conocemos el significado de todas y cada una de las palabras y la inclusión de cada uno de los términos en un conjunto determinado. Todos los hombres está incluido en un conjunto más extenso, el de los seres mortales; Juan está incluido en el conjunto de los hombres. Y por una simple inferencia lógica deducimos que Juan esta también dentro del conjunto de los seres mortales.

Por el contrario, en la inducción hay muchas incógnitas que tenemos que ir descubriendo. Evidentemente no partimos de cero, ya que nuestro conocimiento del mundo, de las reglas de inferencia y de la relación de los objetos nos ofrece una base sobre la que proponer algunas de las soluciones posibles, bien porque han tenido éxito en situaciones semejantes a la que nos encontramos, bien porque son novedosas en esta situación. Por ejemplo, cuando una lámpara no se enciende al apretar el interruptor de la luz, nuestro conocimiento del mundo y nuestras experiencias anteriores nos traen a la memoria algunas de las posibles causas por las que no se enciende la luz: la bombilla está fundida, ha saltado el automático, no hay luz en todo el barrio, el interruptor está estropeado, etc.

Otra forma de hacer inducción es mediante la generalización a partir de observaciones en las que encontramos ciertas regularidades. Por ejemplo, en la estación de autobuses de una empresa todos los autobuses que vemos son de color azul. Nos quedamos un rato en la estación y tanto los autobuses que entran como los que salen son del mismo color. En este momento hacemos una generalización: todos los autobuses de esta empresa son de color azul.

Para Peirce (1908) existen tres tipos de inducción. En primer lugar tenemos la *inducción cuantitativa*, que consiste en determinar qué proporción de los elementos de un conjunto finito posee cierta característica, es decir, qué probabilidad existe de

que un miembro de un conjunto tenga ese rasgo. Por ejemplo, qué porcentaje de personas de color me encontraré paseando por la calle de Bravo Murillo.

La inducción cuantitativa consiste en extraer sucesivas muestras aleatorias y generalizar la proporción determinada en las diferentes observaciones. Desde luego, una única observación puede ser errónea respecto al porcentaje real del número de personas de color que pasean por esa calle, pero si se realiza un elevado número de veces y a distintas horas del día, corregirá el valor calculado y lo aproximará paulatinamente a la verdadera proporción de personas de color que pasean por esa calle.

Este método tiene valor a largo plazo *(in the long run)* siempre que se cumplan dos condiciones: que el conjunto sea finito y que las muestras sean aleatorias.

El segundo tipo de inducción no es cuantitativo, ya que el universo del que se extrae la muestra es una serie objetiva de la cual algunos miembros han sido observados, mientras que el resto queda por observar, aunque nuestra predicción es que en el futuro se seguirá produciendo este mismo fenómeno.

Por ejemplo, observamos que la Luna cambia cada 28 días y nosotros predecimos que esto seguirá de la misma manera en el futuro. Sin embargo, nada nos garantiza que esto suceda así en adelante, dado que la Luna se aleja unos dos centímetros por año de la Tierra. Esto es lo que Peirce denomina *inducción simple (crude)*. Este segundo método inductivo también tiene que comprobar la validez de la hipótesis.

El tercer tipo de inducción extrae una muestra de un agregado que no puede ser considerado como un universo, puesto que no existen unidades susceptibles de ser contadas o medidas, ni siquiera groseramente, ya que las características se dispersan a lo largo de un continuum. Peirce denomina a este tercer tipo *inducción cualitativa*.

Por ejemplo, si un enfermo tose, tiene fiebre, dolor de articulaciones, decaimiento general y flemas, el médico formula la hipótesis de que este paciente padece gripe. La proporción de predicciones satisfechas constituye una medida de la exactitud de la hipótesis avanzada. La hipótesis puede ser incluso mejorada basándose en los resultados experimentales; por ejemplo, haciendo un análisis de los esputos para ver los virus que contiene. Esta es la esencia del método hipotético-deductivo que ha predominado en la ciencia moderna.

Johnson-Laird (1993) también identifica tres tipos generales de inducción: la inducción específica, también llamada *abducción*, la inducción *descriptiva* y la inducción *explicativa*.

2.3.1. La abducción

En la abducción nunca se parte de cero, nuestra experiencia y nuestros conocimientos del mundo han posibilitado la presunción de teorías generales que aplica-

remos a los casos concretos cuando se nos presente un interrogante. Desde la edad de los "porqués" todos los seres humanos se preguntan por qué sucede algo. Y los padres, los maestros y los científicos han elaborado teorías explicativas, más o menos científicas, sobre cómo funciona el mundo (Johnson-Laird y Byrne 1993).

Formalmente, puede caracterizarse como una inferencia de esta forma:

q.
Si p entonces q.
Por tanto, p.

Si **q** dependiese exclusivamente de la presencia de **p,** esta proposición sería verdadera. Sin embargo, la gran mayoría de las veces **q** depende de otras muchas variables, además de **p.** Por ejemplo, que mi móvil no funcione puede estar causado porque no tiene pilas, se le ha roto un circuito, se han desconectado los cables del altavoz, la compañía ha dejado de operar, etc.

Como las abducciones son hipotéticas, necesitan comprobarse. En el ejemplo anterior podríamos comenzar cambiando las pilas o mirando los cables que van al altavoz, por si alguno estuviera desconectado. Si no se soluciona el problema, llevamos el móvil a un especialista para que encuentre otras posibles soluciones.

En nuestro mundo cotidiano utilizamos muy frecuentemente las abducciones, ya que generan posibles explicaciones de los eventos y, en la mayoría de los casos, nos ayudan a solucionar los problemas a los que nos enfrentamos. Por ejemplo, la máquina de refrescos no funciona si no introducimos una moneda; echar la moneda correspondiente soluciona el problema.

En situaciones novedosas a las que nunca nos hemos enfrentado, la abducción nos enseña a aprender cosas. Así, las personas que nunca han ido al metro, se proponen la hipótesis de que hay que validar un ticket antes de pasar una barrera metálica, que solo está operativa tras meter el ticket por una ranura. Aunque la maquinaria sea diferente a la utilizada por los autobuses, los sujetos infieren, aplicando una ley general, que "para obtener un beneficio, antes hay que pagar".

2.3.2. Inducciones generales

Podríamos representar formalmente las inducciones generales de la siguiente forma:

F(a), F(b), F(c).
Por tanto, $(\forall x)$ **F(x).**

Donde **a, b, c** son objetos del mundo y **F** es la propiedad común que comparten **a, b, c.**

La fórmula se leería así: el objeto **a,** el **b** y el **c** tienen la propiedad **F.**

Por tanto, todos los objetos o acontecimientos de la misma clase (x) tienen esa propiedad. Por ejemplo, el brandy, el ron, el vino y el aguardiente (son líquidos con alcohol) tienen la propiedad **(F)** de emborrachar.

El principio fundamental que utilizamos para hacer inducciones universales es la generalización.

El problema que plantea este tipo de inducciones es determinar precisamente en qué grado tienen una determinada cualidad los distintos objetos. Así, por ejemplo, todas las aves tienen pico, pero todo el mundo conoce las enormes diferencias que hay en los picos de las aves. Algunos son enormes, como el del pico zapato, otros son diminutos, como el del colibrí. No es de extrañar que muchas personas se pregunten qué es realmente un pico.

Por otra parte, hay muchos objetos que tienen formas parecidas y funciones semejantes, por ejemplo las alas. Los pájaros tienen alas, los aviones tienen alas, las libélulas tienen alas, aunque en cada caso el material del que están hechas sea muy diferente: plumas, metal, tejido cartilaginoso. Los murciélagos también tienen alas, que les sirven para la misma función que a los pájaros, aunque las alas de los murciélagos no están hechas de plumas. Por esta razón, cuando afirmamos que los objetos **a, b,** y **c** tienen la característica **F,** podemos estar utilizando conceptos que no son unívocos, sino que tienen una cierta semejanza y los agrupamos gracias a la analogía.

A) Inducciones generales descriptivas

Las inducciones descriptivas hacen referencia a la observación de regularidades en los objetos o en los eventos, sin dar ningún tipo de explicación de por qué se da este fenómeno. Johnson-Laird (1993) pone el siguiente ejemplo: su experiencia personal con los vuelos dentro de Estados Unidos es que suelen llegar con demora. La tendencia a la generalización nos hace suponer que el vuelo que estamos esperando, en el que viene un amigo, llegará también con retraso. Evidentemente, este tipo de inducciones puramente descriptivas está en el nivel más bajo de cientificidad, ya que una hipótesis científica debe dar razón de por qué se producen determinados hechos.

B) Inducciones generales explicativas

Una vez establecidas ciertas regularidades, el científico intenta dar una explicación coherente bajo el paraguas de una teoría explicativa. En el ejemplo anterior podríamos explicar por qué los aviones aterrizan con demora. Una explica-

ción general sería que los aeropuertos no tienen suficientes pistas de aterrizaje para el volumen de aviones que llegan al aeropuerto.

Un problema muy relacionado con las inducciones generales es la construcción de nuevos conceptos explicativos para realidades nuevas. Cada nuevo descubrimiento exige nuevos conceptos que, a su vez, ayudan a formular nuevas teorías que nos servirán como marco explicativo de nuestras hipótesis (Johnson-Laird, 1983).

2.4. Estudios empíricos sobre la inducción

Dentro de la psicología experimental apenas se han hecho estudios sobre la inducción, debido fundamentalmente a que la inducción no se presta fácilmente a la cuantificación, ya que tiene límites poco definidos. Sin embargo, se han hecho intentos interesantes en este terreno. Algunos de estos estudios han posibilitado una inducción automática muy potente. Ejemplos de este tipo de aprendizaje son el sistema PROTOS de Bareiss (1992), los sistemas ID3 y C4.5 de Quinlan (1993), el espacio de versiones de Mitchell (1978) y el sistema LEX de Mitchell et al. (1983), los trabajos de Michalski (1980; 1983), el sistema CART de Breiman et al. (1984), la programación lógica inductiva (ILP) de Muggleton (1994) y el sistema CN2 de Clark y Niblett (1989).

En estos modelos se intenta que la inducción busque la descripción conjuntiva máximamente específica de los ejemplos positivos. Al mismo tiempo, la inducción rastrea un conjunto de generalizaciones posibles en busca de la mejor. Tom Mitchell (1982) sugiere que la búsqueda se puede simplificar enormemente ordenando las generalizaciones según su especificidad y colocándolas en lo que él denomina espacio de versión.

2.4.1. El programa de Winston

Patrick H. Winston (1975) es profesor de Inteligencia Artificial y Ciencias de la Computación en el Ford Massachusetts Institute of Technology. Este autor, en su libro *The Psychology of Computer Vision,* explica que en el aprendizaje inductivo llevado a cabo en su laboratorio se le presentan al sistema ejemplos de un determinado concepto y el sistema debe generalizar dichos ejemplos para encontrar una descripción de alto nivel que describa el concepto. Dicho concepto tiene que describir todos los ejemplos positivos y no cometer errores introduciendo ejemplos negativos.

El programa de Winston aprende conceptos a partir de modelos positivos y negativos. Se le presentaron estructuras hechas de pequeños bloques de madera (un arco, una torre, etc.) y el sistema debe discriminar perfectamente lo que es un arco de lo que es casi un arco.

Siguiendo una metodología parecida, Kolodner (1993) y Schank, Riesbeck y Kass (1994) diseñaron un sistema que utiliza la memoria para almacenar varios casos, como diagnósticos médicos o cuestiones legales. El sistema almacena la información pertinente, como la relación existente entre el tratamiento prescrito y el resultado obtenido, o la argumentación jurídica y el resultado del juicio. Cuando se le presenta un nuevo caso, el sistema busca otros que sean similares y contrasta el resultado con la argumentación del abogado. Los requisitos fundamentales del sistema son encontrar todos los casos que tienen un rango de semejanza alta y la eficiencia del sistema para encontrar casos similares. Cuanto mayor es la base de datos, tanto más efectivo será el sistema.

2.4.2. El programa de Robert Levinson

Robert Levinson es un informático estadounidense, investigador de Inteligencia Artificial y profesor asociado de Ciencias de la Computación en la Universidad de California, Santa Cruz (UCSC).

Ha trabajado en la construcción de un sistema orientado al patrón de ajedrez llamado Morph, un sistema que aprende a jugar al ajedrez desde su experiencia.

Robert Levinson (1994) desarrolló un sistema general para aprender a jugar juegos de mesa, como ajedrez o damas. El sistema propone reglas para hacer movimientos legales, aunque no ofrece información sobre movimientos buenos o malos; tampoco ofrece información sobre cómo determinar si se gana o se pierde un juego. Durante la fase de aprendizaje, el sistema puede jugar contra un monitor (generalmente otro programa que juega bien, como el Gnu Chess). Al final de cada juego, el tutor informa al sistema si ha ganado, perdido o acabado en tablas.

Levinson utiliza: (a) una combinación de memoria de aprendizaje, (b) la reestructuración para derivar importantes generalizaciones, (c) la similitud basada en las generalizaciones y (d) un método de propagación hacia atrás para estimar el valor de cualquier jugada que se produjo en un juego. Cada posición en el juego de ajedrez se almacena dentro de una jerarquía de generalización. Al final de cada juego, el sistema utiliza la proyección hacia atrás para ajustar los valores estimados de cada una de las posiciones que llevaron a vencer, perder o a hacer tablas. El sistema puede examinar todas las jugadas legales posibles y buscar las posiciones similares dentro de la jerarquía y elegir aquella jugada que condujo más cerca de la meta y obtuvo el mejor valor previsto.

2.5. Modelos de razonamiento inductivo

En uno de los primeros estudios de inducción basado en categorías, Rips (1975) examinó la forma en que la gente generaliza propiedades de la categoría de un

animal a otro. Se les pidió a los sujetos que imaginaran que ellos estaban en una isla y que todos los miembros de una especie de mamíferos se encontraban infectados de una enfermedad concreta; entonces se les preguntó qué proporción de otras especies contraerían esa enfermedad. Por ejemplo, si sabemos que todos los caballos tienen la enfermedad, ¿qué proporción de vacas tendrá la enfermedad? ¿Y de perros o de ratones? El concepto de categoría hace referencia a un conjunto o universo de individuos que comparten unas determinadas características. El hecho de pertenecer a un grupo implica que existe una cierta homogeneidad entre ellos, aunque también existen diferencias notables. Por ejemplo, hay enfermedades específicas de los cánidos, de los conejos, de los humanos, etc. Los siguientes modelos estudian la forma en que los individuos hacen inferencias a partir de unos datos suministrados en las premisas de silogismos del tipo *si… entonces*.

2.5.1. El modelo de Osherson. Modelo de similitud cobertura

Daniel N. Osherson, del Departamento de Psicología en Green Hall, Princeton University, resume su teoría defendiendo que un argumento es categórico si sus premisas y la conclusión tienen la forma: *"todos los miembros de* ***C*** *tienen la propiedad* ***F",*** donde **C** es una categoría natural como ser *halcón* o *ave* y **F** continúa siendo la misma tanto en las premisas como en la conclusión. Un ejemplo: *a los osos grizzly les gustan las cebollas*. Por tanto, *a todos los osos les gustan las cebollas*. Tal argumento es psicológicamente extremo, de manera que la creencia en sus premisas engendra la creencia en su conclusión.

En su trabajo de 1990, *Category-based induction,* examinó una subclase de argumentos categóricos y avanzó la siguiente hipótesis: la fuerza de un argumento categórico aumenta: (a) en relación a la semejanza entre las categorías de una premisa y las categorías de la conclusión; y (b) en relación a la similitud de las categorías de la premisa y los miembros de la categoría de nivel más bajo, que incluye tanto las categorías de la premisa como las de la conclusión. Un modelo basado en esta hipótesis da cuenta de 13 fenómenos cualitativos y resultados cuantitativos de varios experimentos.

En el estudio de Osherson, Smith, Wilkie, Lopez y Shafir (1990), los sujetos tenían que evaluar argumentos escritos en un formato lógico.

Todos los caballos tienen la propiedad X. (1) *Todas las vacas tienen la propiedad X.* *Todos los ratones tienen la propiedad X.* *Todos los leones tienen la propiedad X.*
Todos los mamíferos tienen la propiedad X.

En este argumento (1), el significado de las premisas sobre la línea se supone que es verdadero y la tarea de los sujetos experimentales es juzgar en qué grado la conclusión, que está bajo la línea, se sigue de las premisas.

Osherson et al. mostraron 11 fenómenos generales o regularidades sobre la forma en que las personas realizan el razonamiento inductivo.

En un estudio posterior, Heit (2000), teniendo en cuenta algunos datos más recientes, encontró 8 fenómenos principales en razonamiento inductivo. Los efectos más estudiados han sido el de semejanza, el de diversidad y el de tipicidad.

• *El efecto de semejanza*

La idea de que la semejanza debe guiar el razonamiento inductivo tiene una larga historia que se remonta a Aristóteles. Rips (1975) ya había encontrado una correlación entre la fuerza de las inferencias y las medidas basadas en juicios de semejanza. Si todos los caballos tenían la enfermedad, entonces la mayoría de las vacas tendría la enfermedad, menos perros la tendrían y aún menos ratones. Osherson et al. encontraron que el 95% elegía el argumento (2) y solo un 5% el argumento (3), debido a la mayor semejanza entre los gorriones, los petirrojos y los pájaros azules, que entre los gansos con los petirrojos y los pájaros azules.

Los petirrojos utilizan la serotonina como neurotransmisor. (2)
Los pájaros azules utilizan la serotonina como neurotransmisor.
Los gorriones utilizan la serotonina como neurotransmisor.

Los petirrojos utilizan la serotonina como neurotransmisor. (3)
Los pájaros azules utilizan la serotonina como neurotransmisor.
Los gansos utilizan la serotonina como neurotransmisor.

A pesar de esta evidencia extrema, hay algunas excepciones a efectos de similitud y algunas complicaciones. Por tanto, cualquier modelo computacional de inducción tendrá que abordar los efectos de la similitud (e idealmente las excepciones y las complicaciones también). Algunos estudios muestran que tanto la inducción como la deducción se pueden concebir como una mezcla de procesos de razonamiento, que se corresponden con procesos heurísticos y analíticos (Heit, 2010, Hayes y Heit, 2013).

• *El efecto de diversidad*

Osherson et al. (1990) fueron los primeros que estudiaron los efectos de la diversidad en el razonamiento inductivo en adultos, con argumentos como los siguientes.

Los hipopótamos tienen una mayor concentración de sodio en la sangre que los seres humanos. (4) *Los hámsteres tienen una mayor concentración de sodio en la sangre que los seres humanos.*
Todos los mamíferos tienen una mayor concentración de sodio en la sangre que los seres humanos.

Los hipopótamos tienen una mayor concentración de sodio en la sangre que los seres humanos. (5) *Los rinocerontes tienen una mayor concentración de sodio en la sangre que los seres humanos.*
Todos los mamíferos tienen una mayor concentración de sodio en la sangre que los seres humanos.

De modo similar a los resultados obtenidos con la semejanza, aproximadamente el 75% de las personas eligió el argumento (4), en el que hay un conjunto más diverso de miembros de la categoría, y un 25% el argumento (5), con el conjunto menos diverso.

Osherson et al. dan una explicación de este fenómeno en términos de *cobertura*: los hipopótamos y los hámsteres cubren o abarcan la categoría de mamíferos mejor que los hipopótamos y los rinocerontes. Por tanto, una propiedad de los hipopótamos y los hámsteres es más adecuada para generalizar a otros mamíferos.

• *El efecto de tipicidad*

Este fenómeno está vinculado con la categorización, como vimos en el primer capítulo (el miembro más representativo de un concepto), ya que no todos los miembros de la categoría son iguales, sino que algunos son más prototípicos que otros. En su trabajo pionero, Rips (1975) encontró que cuando un mamífero más típico, como el caballo, tenía una enfermedad, los sujetos experimentales señalaban inferencias más fuertes respecto a otros mamíferos en comparación con un mamífero menos típico, como el ratón, que tuviera la enfermedad.

Es muy intuitivo que si un animal típico, como el caballo, tiene una enfermedad, es muy probable que todos los mamíferos la tengan. En este caso aplicamos

la categoría superordinada. Mientras que un roedor como el ratón, aunque sea mamífero, lo solemos catalogar dentro de una categoría subordinada a mamífero (roedor), de modo que no ampliamos esta categoría a todos los mamíferos.

Osherson et al. (1990) compararon los argumentos (6) y (7):

Los petirrojos tienen mayor concentración de potasio en la sangre que los seres humanos. (6)
Todas las aves tienen mayor concentración de potasio en la sangre que los seres humanos.

Los pingüinos tienen mayor concentración de potasio en la sangre que los seres humanos. (7)
Todas las aves tienen una mayor concentración de potasio en la sangre que los seres humanos.

Si conocemos bien una característica de los petirrojos es fácil hacer una inferencia más fuerte acerca de todas las aves, en comparación a conocer algo sobre los pingüinos y hacer una inferencia al resto de las aves. Por lo tanto, más del 90% de las personas eligió el argumento (6).

Todos estos efectos se pueden presentar en diversos porcentajes en diferentes culturas y en distintos estratos de cultura, ya que estos fenómenos implican el uso de conocimientos previos y como tal, están estrechamente relacionados con la naturaleza del razonamiento inductivo. Por tanto, cuantos más conocimientos se tengan de un hecho, más acertado será el juicio sobre la relación entre las premisas y la conclusión, incluso en contra de lo que aparentemente es obvio. Esto es así, porque el razonamiento inductivo es incierto por naturaleza y siempre se puede mejorar recurriendo a nuevas fuentes de conocimiento.

2.5.2. El modelo de Sloman (Feature-based induction)

Steven Sloman, Profesor del Departamento de Ciencias Psicológicas Cognitivas Lingüísticas en la Brown University (1993), propuso un modelo basado en las características de los objetos. El modelo comienza haciéndose la pregunta de si es realmente necesario el componente de cobertura en el modelo de Osherson et al. (1990).

Según Sloman (1993), el modelo actual asume que la fuerza de los argumentos depende de la fortaleza de la conexión entre las características de la categoría y de la conclusión y la propiedad de interés, sin tener en cuenta las relaciones estructurales fijas que se pueden aplicar a todas las categorías. Todas las categorías están representadas como vectores de valores numéricos en un conjunto de

características. El modelo no asume la existencia de una estructura estable de categoría porque se basa en la inducción y aquí no es necesaria; todos los procesos inductivos dependen estrictamente de las características de las categorías de la premisa y la conclusión. Obviamente, las personas tienen algún conocimiento acerca de la organización jerárquica entre algunas categorías. Muchas personas saben que los elefantes son mamíferos. El supuesto que se hace aquí es que este conocimiento se representa de una manera distinta de las estructuras que normalmente soportan juicios de fuertes argumentos categóricos. El conocimiento sobre la estructura de la categoría no se utiliza generalmente cuando se participa en este tipo de proceso inductivo, aunque seguramente podríamos usarlo si se diese suficiente entrenamiento o, posiblemente, suficiente pensamiento.

El Modelo de Sloman se implementa como una red conexionista y puede dar cuenta de muchos de los fenómenos del modelo de Osherson et al. Según este modelo, las premisas de un argumento se codifican mediante la capacitación de la red conexionista para aprender asociaciones entre nodos de entrada, que representan las características de las categorías de la premisa, y un nodo de salida para la propiedad que debe ser considerada, usando la regla delta clásica. Por ejemplo, para aprender que el modelo que se aplica tiene la propiedad X, tendrá que aprender a asociar un vector de características, tales como es redonda, es de color rojo, es comestible, etc., con un nodo de salida que representa la propiedad X. A continuación, el modelo se prueba mediante la presentación de la característica de la categoría de la conclusión y se mide la activación del mismo nodo de salida. Por ejemplo, para medir la fuerza de la conclusión: las naranjas tienen la propiedad X, el modelo debe usar un vector de entrada de características algo diferentes (es redonda, es de *color naranja*, es comestible…) y medir el grado de activación para la unidad de salida correspondiente a la propiedad X (Heit, 2007).

Sloman (1993) mostró los efectos de la no-monotonicidad, incluso dentro de una categoría única supraordinada; por ejemplo, (9) fue considerado más débil que (8).

Todos los cocodrilos tienen saliva ácida. (8)
Todos los caimanes tienen saliva ácida.

Todos los cocodrilos tienen saliva ácida. (9)
Todas las serpientes tienen saliva ácida.
Todos los caimanes tienen saliva ácida.

En este caso todos los animales son reptiles, pero las serpientes son tan diferentes a los caimanes que agregar esta segunda premisa parece que debilita el argumento.

Sloman concluye su trabajo afirmando que el modelo *Feature-based* proporciona una nueva perspectiva en la fuerza del argumento. Usando reglas normalmente asociadas con los modelos de aprendizaje (la regla delta y la regla de activación) da apoyo a la visión de que el proceso de confirmación de un argumento está íntimamente relacionado con el concepto de aprendizaje. Codificar una premisa se considera como un proceso de vincular nuevas propiedades con viejos conceptos. Probar una conclusión es descrito como un proceso de examinar la medida en que los nuevos enlaces se transfieren a otros conceptos. El estudio de confirmación, para bien o para mal, se convierte en un aspecto del estudio de generalización.

2.5.3. El modelo de Heit

Heit (1998) propuso un modelo bayesiano que, básicamente, realiza un nivel de análisis computacional dadas ciertas suposiciones y es normativo para inferencias inductivas. El modelo bayesiano aporta justificaciones lógicas para las inferencias inductivas o para explicar qué inducción tendrá más éxito en el mundo real.

De acuerdo con este modelo, la evaluación de un argumento inductivo es conocer una propiedad, en particular es aprender si una propiedad es verdadera para una categoría. Por ejemplo, en el argumento:

Los canguros pueden tener la enfermedad X.
Las vacas pueden tener la enfermedad X.

La meta de este modelo es aprender qué animales pueden tener esta enfermedad y qué animales no. El modelo supone que para una propiedad nueva, la gente puede apoyarse en conocimientos anteriores sobre la familiaridad de las propiedades en orden a derivar un conjunto de hipótesis sobre cómo es la nueva propiedad.

La gente conoce que una propiedad es típica de todos los mamíferos, incluyendo canguros y vacas, pero también sabe que hay algunas propiedades que son exclusivas de los canguros y otras de las vacas.

Los componentes que ligan el antecedente con el consecuente son fundamentalmente la similitud entre ellos, la cobertura y la tipicidad (las premisas más típicas tienen una mayor similitud con la categoría de la conclusión). Un mayor número de premisas proporcionan mayor cobertura. En este mismo sentido, las categorías más específicas u homogéneas dan una mayor cobertura que las más generales.

En resumen, el razonamiento inductivo implica el uso de los conocimientos adquiridos y la observación del mundo para hacer predicciones sobre nuevos

acontecimientos o para generalizar un conocimiento a otros casos semejantes. Las investigaciones más recientes han centrado su atención sobre la inducción basada en categorías y se han propuesto modelos basados en la similitud, en las redes conexionistas, en la teoría de la relevancia, los modelos bayesianos y otros modelos matemáticos.

Los modelos más recientes intentan explicar ambos fenómenos basados en la similitud y en el conocimiento experto.

Otros campos de interés se han centrado en el uso de premisas con categorías imprecisas, lo que se viene denominando lógica difusa, el modelado de la relación entre el razonamiento inductivo y el deductivo, y el examen de los sustratos neurales de la inducción, un campo en expansión dada la importancia de los nuevos métodos de investigación del cerebro.

2.6. Resumen

Predecir si lloverá mañana, cómo reaccionará tu mujer cuando le regales flores el día de su cumpleaños o si subirá el mercado de valores para ganar dinero en la inversión, son ejemplos de inducción. La inducción engloba un rango de actividades cognitivas como la categorización, el juicio probabilístico, el razonamiento analógico, la inferencia científica, la toma de decisiones. Pero, al revés de lo que sucede con la deducción, en la que no se añade un conocimiento nuevo, en la inducción conseguimos saber algo que no conocíamos con anterioridad, de modo que el conocimiento se generaliza de los casos conocidos a los desconocidos.

La mayor parte de lo que hemos aprendido sobre los procesos cognitivos mediante la inducción se sustenta en estudios sobre la inducción basada en categorías. Es decir, se hacen inferencias sobre las propiedades de los miembros que pertenecen a un determinado grupo a partir del conocimiento de las categorías de algunos de los miembros. *Si todos los mamíferos dan de mamar a sus cachorros, los perros dan de mamar a sus crías.*

Este sería un ejemplo de inducción específica; este tipo de inducción genera una explicación para acontecimientos particulares. Si nos pregunta el niño: ¿por qué la perrita da de mamar a sus cachorros?, la explicación sería: todos los mamíferos dan de mamar a sus crías. Las inducciones generales suelen ser descriptivas, aunque a veces pueden ser explicativas. Sin embargo, la explicación es la base de toda ciencia, por tanto, la inducción explicativa es la más importante de todas.

Actualmente, la base inductiva de la ciencia se basa en el método hipotético-deductivo. Se pueden hacer todas las conjeturas que se quieran (hipótesis) y sacar las consecuencias lógicas de las hipótesis. Luego hay que verificar que estas consecuencias se dan de hecho o no se producen. Si todas las consecuencias de la hipótesis se confirman, validamos la hipótesis.

El razonamiento inductivo basado en categorías tiene como meta conocer los mecanismos cognitivos que las personas usan cuando generan juicios basados en categorías. En los diferentes modelos que hemos estudiado se intenta determinar sí lo que es verdad para un miembro de una categoría puede ser verdad para otro miembro de esa misma categoría, como en el modelo de similitud-cobertura de Osherson, el modelo basado en características de Sloman y el modelo bayesiano de Heit.

3
Razonamiento probabilístico

3.1. Introducción

El mayor interés que ha tenido la ciencia a lo largo de la historia ha sido eliminar los riesgos y la incertidumbre. Desde Galileo Galilei la ciencia ha buscado encontrar fórmulas matemáticas que expliquen el funcionamiento de las cosas, de las aparentemente sencillas, como son las notas musicales, hasta los movimientos de los astros en el cielo y su expansión en el universo. Galileo resolvió el enigma de la aceleración de los objetos en su caída con una fórmula matemática. Para los que vivimos en la Tierra, la fórmula que tenemos que aplicar es: $g = 9{,}8$ m/s² (metros por segundo al cuadrado) aproximadamente.

Otros científicos han encontrado ecuaciones para explicar el comportamiento de la sensación (ley de Weber y Fechner), en las que existe una relación logarítmica entre estímulo y sensación: $S = K \log R$. Donde S es la magnitud de la sensación, K es la constante de Weber y R es la magnitud del estímulo. Los primeros psicólogos se esforzaron por encontrar fórmulas para los tiempos de reacción, para la memoria, el olvido y para la imaginación, etc.

El ideal de toda ciencia es construir modelos matemáticos para dar una explicación científica del funcionamiento del universo. Entre los intelectuales prevalece la creencia de que vivimos en un universo absolutamente determinado: las leyes físicas rigen los sucesos del mundo físico. Nosotros formamos parte de ese mundo físico y, por tanto, hay leyes físicas que rigen nuestra conducta e incluso nuestro yo consciente. En este sentido, se aplicaría el dicho de Rutherford: *qualitative is nothing but poor quantitative* (lo cualitativo no es nada excepto una pobre cuantificación).

Por otra parte, la física cuántica ha mostrado que existe cierta flexibilidad en cuanto a la idea del determinismo. Existe incertidumbre en el nivel atómico y en el molecular (por ejemplo, en las funciones de onda-partícula descritas por la ecuación de Schrödinger), lo que significa que podremos elegir unas zapatillas

que no son de marca la próxima vez que vayamos a la tienda a comprar calzado, en vez de comprar la misma marca que hemos comprado los últimos diez años.

La incertidumbre, por tanto, podría ser considerada como una ciencia cuantitativa pobre. Por eso los psicólogos nos esforzamos por descubrir las estrategias que la gente suele utilizar para tomar decisiones con el menor riesgo posible y minimizando la incertidumbre. Los seres humanos hacemos inferencias cuantitativas sobre la probabilidad de que un hecho se produzca utilizando las experiencias anteriores, la concepción del mundo y la información externa que podamos obtener de otras fuentes.

De todos modos, existen muchos ámbitos de la vida en los que no podemos eliminar los riesgos de una elección desafortunada ni la incertidumbre respecto a la probabilidad de que algo suceda tal como nosotros lo habíamos programado. Por tanto, los seres humanos sólo podemos hablar de porcentajes de probabilidad. Sin embargo, sí podemos utilizar algunas reglas que garanticen una elección con mayor posibilidad de acierto.

En este capítulo examinaremos las estimaciones de la probabilidad, los principales errores que suelen cometer las personas en la asignación de la probabilidad y el razonamiento basado en la estadística.

3.2. ¿Qué es la probabilidad?

Cuando los psicólogos hablamos de probabilidad tenemos en cuenta dos tipos fundamentales: la probabilidad objetiva y la probabilidad subjetiva. Existe probabilidad objetiva cuando nos basamos en el conocimiento del mundo y sus regularidades para determinar las opciones posibles de que algo suceda. Por ejemplo, cuando tiramos un dado solamente tenemos1/6 de posibilidades de que salga un número determinado. Sin embargo, en la probabilidad subjetiva podemos confiar en la suerte y estar completamente seguros que al tirar el lado saldrá, por ejemplo, un 6. Los psicólogos están interesados en ambos tipos de probabilidad. La teoría de la probabilidad tiene su origen en la obra de Laplace, *Ensayo filosófico sobre las probabilidades* (1985, 25), en la que se afirma:

> Por tanto, debemos considerar el estado actual del universo como el efecto de su estado anterior y como la causa del que le seguirá. Una inteligencia que en un momento dado conociera todas las fuerzas de las que la naturaleza está animada y la situación de los seres que las componen, si de hecho fuese lo suficientemente grande como para analizar los datos, y pudiera juntar en la misma fórmula los movimientos de los cuerpos más grandes del universo y los del átomo más ligero: nada sería incierto para ella, y el futuro como el pasado estarían presentes a sus ojos.

Hacking (1975) y Baron (2000) han planteado tres diferentes formas de enfrentar la probabilidad, las dos primeras son objetivas (la probabilidad lógica y la probabilidad de frecuencias), la otra es subjetiva (el grado de certeza subjetiva de que algo suceda).

Las propiedades matemáticas fundamentales de la probabilidad son:

a) La probabilidad varía entre 0 (imposibilidad) y 1 (certeza). La probabilidad de que te toque el premio de una rifa va de 0, si no compras ningún número, a 1, si compras todos los números. Si compras una cuarta parte de los números tendrás un 25% de probabilidades de que te toque.

b) Regla de la suma. Si A y B son dos sucesos, la probabilidad de obtener cualquiera de ellos es igual a la probabilidad de A más la probabilidad de B menos la probabilidad de su ocurrencia conjunta:

$$p\left(A \vee B\right) = p\left(A + pB\right) - p\left(A \wedge B\right)$$

Supongamos que extrae una carta de una baraja española de 40 cartas. ¿Cuál es la probabilidad de que su carta sea un rey o espadas? El número total de cartas es 40. Hay cuatro reyes y diez espadas. La suma aparente es 14. Sin embargo, el rey de espadas ha sido contado dos veces, entre los reyes y entre las espadas. Por tanto, debemos quitar un elemento a catorce. En ese caso tendríamos:

$$P = \frac{40 + 10 - 1}{40} = \frac{13}{40} = 0,32$$

c) Si los sucesos A y B son mutuamente excluyentes, la regla de la suma será:

$$p\left(A \vee B\right) = p\left(A\right) + p\left(B\right)$$

La probabilidad de sacar un 2 o un 1 con un dado es igual a: 1/6 + 1/6 = = 2/6 = 0,33.

Para encontrar la probabilidad de dos acontecimientos independientes que ocurren a la vez (tirar dos dados y que en ambos salga un 6), las probabilidades de los dos acontecimientos tienen que ser multiplicadas (un sexto multiplicado por un sexto= 1/36).

d) Probabilidad condicional. La probabilidad de que ocurra un acontecimiento A, dado que otro B ha ocurrido, es la probabilidad de que ambos ocurran dividido por la probabilidad de que ocurra B:

$$p(A / B) = \frac{p(A \wedge B)}{pB}$$

3.3. Estimación subjetiva de la probabilidad

En este apartado analizamos la probabilidad subjetiva, aquella que realiza la gente sin utilizar conocimientos científicos cuantitativamente expresados. En este caso, generalmente no se utilizan cuantificadores matemáticos, sino expresiones lingüísticas aproximativas, como *bastante, poco, algo, casi nada*, etc.

El juicio de probabilidad se suele basar tanto en observaciones de frecuencias a largo plazo como en análisis lógicos y en deseos, esperanzas, ilusiones, temores o convicciones.

Las estimaciones de probabilidad son útiles cuando se expresan como reflejo del mundo, pero no lo son cuando se basan en puras intuiciones o en deseos e intereses personales.

Las estimaciones de probabilidad deben obedecer a dos principios fundamentales para tener validez predictiva. En primer lugar, deben basarse en un conocimiento objetivo del mundo obtenido de la constatación de regularidades y frecuencias. En segundo lugar, se deben utilizar los axiomas de la teoría de la probabilidad. En este caso lo que hacemos es formalizar el conocimiento a través de la lógica y la matemática, ya que sin estas formalidades las predicciones tienen poca garantía de estar bien formuladas.

A lo largo del desarrollo de la humanidad hemos aprendido dos cosas fundamentales: que hay eventos que obedecen a códigos matemáticos, como el movimiento de los astros, y que hay otros que no obedecen a códigos matemáticos previsibles, como puede ser la dirección del viento, los movimientos de los animales o la reacción de los individuos humanos. Los eventos no predecibles se pueden deber a dos causas fundamentales: al caos o al libre albedrío. Cuando tiramos una moneda al aire, debido a la incontrolable posición de la mano, la fuerza del lanzamiento, la altura y otras muchas variables incontrolables (teoría del caos), tenemos la impresión de que el lado de la moneda que salga se debe al azar.

Cuando nos enfrentamos al caos o al libre albedrío tenemos que utilizar los heurísticos. Si existe una enorme cantidad de imponderables que no podemos controlar, el resultado depende de variables que están más allá de nuestro control.

Fischbein (1975, 1984), corroborado después por Hogarth (2002), establece la intuición como un elemento básico para la probabilidad. Mientras que Tversky y

Kahneman afirman que las reglas básicas que utilizan los adultos son los heurísticos. Un heurístico es la búsqueda de una solución a un problema cuando no existe un camino seguro para alcanzar la meta. Hay búsquedas a ciegas, búsquedas heurísticas (basadas en la experiencia) y búsquedas racionales.

3.4. Principales errores en la asignación de probabilidad

Dado que la probabilidad subjetiva se deriva de un juicio personal e individual sobre si un acontecimiento específico ocurrirá o no, no contiene cálculos formales y solo refleja las opiniones subjetivas y las experiencias pasadas del sujeto. No es de extrañar, por tanto, que los sujetos cometan muchos errores al asignar probabilidades. En la asignación de la probabilidad influye el carácter de la persona, su edad, sexo, estado de ánimo, propensión al optimismo o al pesimismo, nivel hormonal, etc.

Entre los errores que más frecuentemente cometen los seres humanos podemos destacar el *exceso de confianza*, el *sesgo a posteriori*, *la representatividad* de los datos, *la disponibilidad* de los datos relevantes y *el anclaje y ajuste* que se hace a partir de ciertas informaciones y el orden en que son presentadas.

3.4.1. Exceso de confianza

Exceso de confianza se ha encontrado en diferentes muestras de la población, por ejemplo en estudiantes (Fischhoff, Slovic y Lichtenstein, 1977; Koriat et al., 1980), en miembros de las fuerzas armadas (Hazard y Peterson, 1973), en los analistas de la CIA (Cambridge y Shreckengost, 1978), entre los psicólogos clínicos (Oskamp, 1965), banqueros (Staël von Holstein, 1972), ejecutivos (Moore, 1977), negociadores (Neale y Bazerman, 1990), abogados (Wagenaar y Keren, 1986) e ingenieros civiles (Hynes y Vanmarcke, 1976).

El exceso de confianza está omnipresente en la mayoría de los juicios de probabilidad, sobre todo en algunas situaciones en las que las preguntas son muy fáciles. Keasey y Watson (1989) identificaron cuatro factores fundamentales en la relación confianza-precisión: la complejidad de la tarea, la cantidad de retroalimentación dada, el nivel de motivación de los sujetos y la habilidad de los sujetos.

A) La complejidad de la tarea

El exceso de confianza generalmente es mucho más frecuente cuando los elementos a ser juzgados son difíciles, y menor cuando la tarea es fácil en relación al número de sujetos que responden correctamente la pregunta. “El efecto

difícil-fácil ocurre cuando aumenta el exceso de confianza con la dificultad de las preguntas, medida esta dificultad por el porcentaje de respuestas correctas" (Gigerenzer, Hoffrage y Kleinbölting, 1991, p. 506).

Lichtenstein, Fischhoff y Phillips (1982) propusieron una prueba en la que se tenían que responder preguntas que requerían una evaluación numérica de la información. Había tres tipos de preguntas: qué ciudad/estado/país tiene mayor población (A o B); qué lugar (A o B) está más alejado de C; y qué acontecimiento histórico había ocurrido antes (A o B). Las tasas más altas de respuestas se consideraban preguntas fáciles y las ratios más pequeñas como difíciles. Por ejemplo: *"¿que está más lejos de Londres, Southampton o Edimburgo?"*, se considera más fácil que *"¿que está más alejado de Londres, Oxford o Cambridge?",* porque la relación de distancias es mucho menor en esta segunda pregunta. Las grandes proporciones requieren menos conocimiento preciso y son más fáciles de responder.

B) La cantidad de retroalimentación dada

La cantidad de información y la fuerza de esa información influyen en la confianza de la gente en lo relativo a la toma de sus decisiones (Koriat, Lichtenstein y Fischhoff, 1980).

Peterson y Pitz (1986) encontraron que, aumentando la cantidad de información dada a los sujetos, se reducía el exceso de confianza, porque con esta información se aumentaba la precisión. Estos autores suponen que cuando se añade una pieza de información los juicios se hacen más seguros, mientras que cuando se dan varias informaciones que son útiles, entran en conflicto entre sí y la predicción resultante está cercana a la media. Pero con alta incertidumbre (confianza baja) se reduce el exceso de confianza. Cuando el experimentador añade información, los sujetos piensan que esta información debe ser relevante para solucionar el problema, aunque en muchos casos sólo es un distractor o ruido adicional y los sujetos deberían ignorarla (Oskamp, 1965).

C) y *D) El nivel de motivación de los sujetos y su habilidad*

La experiencia en una tarea puede mejorar la calibración y reducir el sesgo de exceso de confianza. Murphy y Winkler (1977) demostraron que los meteorólogos que tenían experiencia en la estimación de intervalos de confianza estaban mejor calibrados a la hora de informar a la gente de la probabilidad de cambios climáticos. Garb (1986) encontró menos exceso de confianza en los médicos experimentados que en los jueces inexpertos. Sin embargo, Heath y Tversky (1991)

encontraron exceso de confianza en algunos sujetos en tareas en las que reconocían tener más experiencia.

Por otra parte, Armelius y Armelius (1976) encontraron que a medida que una persona cree que tiene más experiencia y realiza bien su tarea, posee más confianza en la manera de hacer las cosas. Por tanto, si la persona tiene más experiencia y es más eficiente en su trabajo, resulta más probable que tenga un grado de confianza más elevado.

Al evaluar la confianza, las empresas evalúan la cantidad de práctica o experiencia que un sujeto tiene en el tipo de tarea que va a desarrollar. Por ejemplo, una persona que tiene el permiso de conducir desde hace un año puede sentir confianza en su capacidad para manejar diferentes situaciones. Mientras que otra persona que lleva conduciendo 20 años sin haber tenido ningún accidente grave, puede dar más confianza que el primero. En este caso, el conductor con 20 años de experiencia puede confiar de manera similar, pero en realidad es mucho más capaz de manejar cualquier situación. Sin embargo, pudiera darse el caso de que el segundo piloto hubiera tenido un accidente o una situación traumática que le hubiera bajado su confianza a un nivel por debajo de su capacidad.

3.4.2. El sesgo de "a posteriori"

Es muy diferente hacer una predicción sobre un evento que ha de tener lugar en el futuro, que hacer esa misma predicción cuando ya se conoce el resultado. Se puede preguntar a un sujeto si el Barcelona ganó la *Champions League* en 2013. Ahora se les pide a los sujetos que hagan un juicio retrospectivo de la probabilidad del resultado cuando hicieron sus apuestas una vez que saben el resultado. Los estudios han demostrado que los sujetos están fuertemente influidos por el resultado real.

Si los sujetos tienen que repensar una respuesta anterior tras haber sido informados sobre la respuesta correcta, su recuerdo tiende a acercarse a la respuesta correcta. Este efecto se ha denominado el sesgo de "a posteriori". En un estudio realizado por Hell y su grupo de trabajo (1988), que requería respuestas numéricas a preguntas de tipo almanaque para cantidades físicas, encontró que las respuestas son menos sesgadas si se dan razones y si se proporciona la información correcta en un momento anterior.

Se han hecho estudios en diferentes campos, como el conocimiento general (Fischhoff, 1977; Wood, 1978), eventos políticos (Fischhoff y Beyth, 1975), resultados del rugby (Leary, 1981), resultado de las elecciones (Leary, 1982; Synodinos, 1986) y diagnosis médicas (Arkes et al., 1981).

La mayoría de los autores sostienen que el sesgo de "a posteriori" es automático, es decir, inconsciente e inevitable para el sujeto, un subproducto de la manera normal del procesamiento de la información. Sin embargo, Hasher et al. (1981)

encontró que la memoria es recuperable en su forma original si el sujeto cree que la información reciente está equivocada. El sesgo "a posteriori" encuentra justificación en los estudios de Bartlett (1932), que postulaba una memoria falible debido a la actualización y borrado de la información almacenada y a la influencia de la información contextual nueva.

3.4.3. La representatividad de los datos

El problema de la representatividad está ligado al grado en que un objeto o acontecimiento comparte las características de un conjunto determinado de objetos o eventos. Por ejemplo, dentro del mundo de las aves, el gorrión tiene más elementos en común con el resto de las aves que el emú; por tanto, el gorrión es un mejor representante de las aves que el emú. En este sentido, Tversky y Kahneman (1974) establecieron que muchas de las cuestiones probabilísticas que interesan a la gente pertenecen a uno de estos tipos: ¿Cuál es la probabilidad de que un objeto A pertenezca a la clase B? ¿Cuál es la probabilidad de que el evento A origine el proceso B? ¿Cuál es la probabilidad de que el proceso B genere el evento A? ¿Con qué probabilidad A es representativo de B? ¿Qué probabilidad existe de que A dé como resultado B? ¿Qué probabilidad existe de que A se origine de B? Los sujetos juzgan en cada uno de los casos si la probabilidad es alta, media o baja.

Estos autores proponen el siguiente ejemplo: *Steve es muy tímido y retraído, invariablemente dispuesto a ayudar, pero con poco interés en las personas o en el mundo real. Un alma mansa y ordenada, tiene necesidad de orden y de reglas y pasión por el detalle*. ¿Cómo evalúa la gente la probabilidad de que Steve se dedique a una determinada ocupación de una lista de posibilidades (por ejemplo, agricultor, vendedor, piloto de una aerolínea, bibliotecario o médico)? (Tversky y Kahneman, 1974).

En un estudio posterior, Tversky y Kahneman (1982) presentan algunos errores en el juicio de probabilidad. En primer lugar tenemos *la falacia de la conjunción*. Se les presentaba a los estudiantes el siguiente relato:

Linda tiene 31 años, es soltera, extrovertida y muy brillante. Se licenció en filosofía. En sus tiempos de estudiante estuvo profundamente comprometida con asuntos de discriminación y justicia social y también participó en manifestaciones antinucleares. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre Linda es más probable? Es cajera de un banco (1). Es cajera en un banco y activista del movimiento feminista (2).

Muchos estudiantes universitarios eligieron el segundo enunciado.

Cualquier estudiante de estadística sabe que la probabilidad de una conjunción $p(A \wedge B)$ no puede exceder las probabilidades de sus constituyentes $p(A) \wedge p(B)$, ya que la extensión de la conjunción está incluida en la expresión de sus constituyentes.

La explicación que dan Tversky y Kahneman es que los juicios que emite la gente se basan en el heurístico de representatividad. Linda tiene más puntos en común con el movimiento feminista que con las cajeras de banco.

Kahneman (2011) revisó su teoría de la representatividad y la incluyó dentro de una más amplia y moderna visión de la psicología. Distinguió entre el sistema 1 (intuitivo), que se caracteriza por ser automático, sin esfuerzo, asociativo, rápido, en paralelo, opaco y basado en la habilidad del sujeto, y el sistema 2 (reflexivo), que es controlado, con esfuerzo, deductivo, lento, serial, autoconsciente, reglado. También presenta un modelo de sustitución de los atributos del juicio heurístico. Finalmente, sitúa la representatividad dentro de una más amplia familia de prototipos heurísticos en los que las propiedades de un ejemplar prototípico dominan los juicios globales respecto a todo el conjunto.

3.4.4. Disponibilidad

Como el juicio de probabilidad se produce cuando no tenemos datos objetivos a nuestra disposición, acudimos a los datos que podemos recuperar de nuestra memoria. Pero, en muchos casos, el acceso a los datos de la memoria carece de rigor y sólo podemos acceder a los datos más recientes o los más frecuentes que, en numerosas ocasiones, son borrosos e imprecisos. Por tanto, hay situaciones en que las personas evalúan la frecuencia de un evento por la facilidad con que puede ser activado por la memoria. En consecuencia, la dependencia de la disponibilidad conduce a sesgos inevitables. Por ejemplo, si hemos visto un reportaje en el que los hipopótamos son causantes del 60% de las muertes de seres humanos debidas a los grandes animales africanos y luego nos preguntan: ¿cuál es el animal africano que causa más muertes en el continente? Posiblemente respondamos que son los hipopótamos, cuando la muerte por picadura de insectos es mucho mayor. En este caso, la noticia de la muerte causada por ataques de hipopótamos está más disponible y, por tanto, más accesible a nuestro recuerdo.

Entre las diferentes instancias de disponibilidad, la que se activa a través del recuerdo, que se basa en el conocimiento que existe en la red social, es la más influyente a la hora de decidir. Por ejemplo, si una persona debe juzgar si muere más gente de leucemia o de suicidio, uno recuerda las muertes reales dentro de su red social (Fischhoff, Gonzalez, Lerner y Small, 2005). Por tanto, recordar más casos de riesgo A o B, respectivamente, dentro de la red social (que abarca familia, amigos y conocidos), influye en la asignación de frecuencias en la población de aquellos casos que son más accesibles al recuerdo.

A partir de este trabajo pionero, numerosos autores han investigado el papel de la disponibilidad en la toma de decisiones.

3.4.5. Anclaje y ajuste

El tercer error que analizan Tversky y Kahneman (1974) es el de anclaje y ajuste. En muchas ocasiones, las personas hacen juicios a partir de un valor inicial que se va ajustando hasta dar la respuesta final. El valor inicial o punto de partida puede estar implícito en la misma formulación del problema o puede ser resultado de un cálculo parcial. De todos modos, estos ajustes no son suficientes. Es decir, si partimos de diferentes puntos obtendremos distintas estimaciones que estarán sesgadas por los valores iniciales. Este fenómeno se denomina *anclaje*. En el experimento de Kahneman y Tversky, los sujetos debían estimar diferentes cantidades en porcentajes de 0 a 100% (por ejemplo, el porcentaje de los países africanos en las Naciones Unidas). Para cada proporción se partió de un número entre 0 y 100, que era asignado al azar haciendo girar una rueda de la fortuna en presencia de los sujetos. Los sujetos tenían que decir si ese número era mayor o menor que el valor que ellos habían estimado. Luego debían mover la ruleta hacia arriba o hacia abajo para asignarle el valor que ellos estimaban. Los números de la ruleta que salían era 10 o 65 y los sujetos ajustaban las agujas a 25 en el primer caso y a 45 en el segundo.

En otro experimento, un grupo estimaba el producto de 8 x 7 x 6 x 5 x 4 x 3 x 2 x 1, mientras otro estimaba el producto de 1 x 2 x 3 x 4 x 5 x 6 x 7 x 8. Cuando tenían que responder rápidamente estimaban el producto mediante la extrapolación o el ajuste. La media estimada para el número ascendente era 512, mientras que para el descendente era de 2250. La respuesta correcta es 40320.

Los investigadores han definido el ajuste como un proceso serial (Epley y Gilovich, 2001, 2006). Es decir, la gente empieza con un punto de anclaje para determinar, por ejemplo, cuantos habitantes tenía España en 1950 (el punto de anclaje son los habitantes actuales de España: 47 millones) y luego, pueden ajustar más y más este valor. Cuando el tiempo de respuesta es corto, las personas ajustan las distancias cortas lejos de su punto de anclaje inicial. Tamir y Mitchell (2012) estudiaron la influencia de las interacciones sociales para el ajuste y el anclaje y encontraron que las investigaciones con neuroimagen y las conductuales sugieren que la gente modifica su autoconocimiento cuando tiene que resolver problemas de inferencia social, particularmente cuando los otros están en desacuerdo con sus opiniones.

3.5. Razonamiento basado en la estadística

El ideal de toda búsqueda heurística es la precisión y tener la máxima seguridad de que nuestras predicciones son correctas o, al menos, cercanas a lo máximo que se pueda alcanzar utilizando todos los medios científicos a nuestro alcance.

Entre las técnicas que los investigadores utilizan con mayor frecuencia están la regresión a la media, el teorema de Bayes y la ley de los grandes números.

3.5.1. Regresión a la media

La regresión a la media es un fenómeno que fue investigado por primera vez por Francis Galton (1886), en su laboratorio antropométrico, respecto a la altura de padres e hijos. Galton relacionó la altura de los hijos con la altura media de sus padres. Los hijos y los padres tenían una media de altura de 68,2 pulgadas. Los rangos diferían debido a que la altura media era el promedio de dos observaciones. Ahora, consideremos solo a los padres que tenían una media de altura entre 70 y 71 pulgadas. La altura media de sus hijos fue de 69,5 pulgadas, que estaba más cerca de la altura media de todos los hijos que de la altura media de sus padres. Galton llamó a este fenómeno "regresión hacia la mediocridad".

Si tomamos la altura de cada grupo de hijos-padres y calculamos la media de altura de sus hijos, esta media estará muy cerca de ser una línea recta. Esta línea se denomina línea de regresión.

La línea de regresión a la media establece, por tanto, una ley estadística que afirma que la altura de padres muy altos se verá compensada por la altura de los hijos, que serán algo más bajos, restableciéndose así la tendencia hacia la media.

La tendencia hacia la media también se puede hallar en puntuaciones sucesivas de un mismo individuo. Si un saltador de longitud ha alcanzado una cota excepcionalmente alta en un campeonato, es posible que en el siguiente campeonato alcance una cota inferior. En el lado opuesto, si un alumno ha sacado una nota muy baja en un examen, es posible que en el siguiente examen mejore su puntuación. La mejor predicción de la nota que sacará un niño en un examen es apostar por la media obtenida en el resto de los exámenes o en la de los exámenes de toda la carrera.

La regresión a la media explica muchas de las actuaciones de los seres humanos y sus fluctuaciones en una serie de ensayos. Estas fluctuaciones, en las que se aplica la regresión a la media, explican algunos fenómenos aparentemente contradictorios. Un ejemplo típico lo ofrece Kahneman (2011) en su obra *Thinking fast and slow*.

Mientras enseñaba a instructores de vuelo de la fuerza aérea israelí, les habló de un importante principio del entrenamiento útil: las recompensas por los avances son más eficaces que los castigos por los errores.

Cuando concluyó, uno de los instructores hizo una observación: recompensar los avances sería bueno para los pájaros, pero no para los cadetes de vuelo, ya que en muchas ocasiones felicito a los cadetes por su limpia ejecución de maniobras acrobáticas y en la siguiente ocasión que tienen que ejecutar la misma maniobra,

suelen hacerla mal. Por otra parte, a menudo grito a un cadete a través del auricular por su mala ejecución y en general, suele mejorar en el siguiente intento. No nos diga, por favor, que las recompensas son buenas y los castigos no lo son, porque la verdad es todo lo contrario.

La explicación correcta sobre las consecuencias del elogio y la reprimenda se encuentra en el fenómeno de la regresión a la media. Como es natural, él instructor solo felicitaba a un cadete si su ejecución era mejor que la media. Pero lo más probable era que el cadete tuviera suerte en un intento particular y, por tanto, en el próximo ejercicio podría hacerlo mal, con independencia de que le felicitaran o no. De modo parecido, el instructor sólo gritaba por los auriculares del cadete cuando la ejecución era especialmente mala y, por tanto, mejorable, con independencia de lo que el instructor hiciera. El instructor había relacionado una interpelación causal con las inevitables fluctuaciones de un proceso aleatorio.

La demostración práctica de este principio que explica Kahneman a los instructores demuestra que una realización excepcionalmente buena en cualquier desempeño vendrá seguida de otra peor. Y una mala actuación en un primer momento vendrá seguida de otra mejor.

El desconocimiento de este principio puede atraparnos en una desafortunada contingencia, que Skinner denominó condicionamiento supersticioso. Podemos recibir una recompensa (no intencionada) por realizar un acto malo y ser castigados cuando realizamos una buena acción.

3.5.2. El teorema de Bayes

Dentro del mundo de la cuantificación de las probabilidades, el teorema de Bayes ha tenido un mayor desarrollo y ha obtenido reconocimiento tanto en el mundo de los negocios como en el de la inteligencia artificial.

Thomas Bayes (1702-1761) fue el primero en utilizar la probabilidad con una base matemática para poder calcular la probabilidad de que algo ocurra en el futuro a partir de la frecuencia con la que un acontecimiento ocurrió en el pasado. Le interesaba sobre todo analizar la probabilidad de causas desconocidas a partir de conocimientos observados; es decir, la probabilidad condicionada. Esta técnica se utiliza para calcular la probabilidad de la validez de una proposición tomando como base la estimación de la probabilidad previa y las evidencias relevantes actuales.

La fórmula más sencilla es la que proponemos a continuación:

$$P\left(A_i / B\right) = \frac{p(A_i)p(B / A_i)}{p(B)}$$

$P(A_i)$ es la probabilidad a priori.

$P(B/A_i)$ es la probabilidad condicional (probabilidad de A dado el hecho B).

$P(B)$ es la probabilidad total.

$P(A_i/B)$ es la probabilidad a posteriori.

Este teorema nos proporciona la forma de calcular la probabilidad de que las justificaciones elegidas para explicar un hecho sean verdaderas, dado que el hecho es real, a partir de otras informaciones.

Consideremos, por ejemplo, el diagnóstico clínico de una enfermedad. El diagnóstico consiste en determinar la enfermedad de un paciente a partir de los síntomas. Dado que los síntomas y la enfermedad no están ligados de un modo biunívoco (el mismo síntoma, por ejemplo la fiebre, puede estar producido por diversas enfermedades), un síntoma no es suficiente para determinar la enfermedad que lo causa.

Antes de saber qué enfermedad ha causado el síntoma, debemos establecer el porcentaje de probabilidad de que cada una de las enfermedades produzca este síntoma.

A continuación, suponiendo que una hipótesis es verdadera, debemos establecer para cada hipótesis la probabilidad de que el hecho sea verdadero.

Por ejemplo, un médico sabe que la gripe provoca fiebre alta en un 50% de los casos. Conoce a priori la probabilidad de que un paciente sufra gripe, que es de 1/1000. También sabe que la proporción de que un paciente tenga fiebre alta es de 1/20. Sí M representa la proposición de que un paciente padezca gripe y S la proposición de que el mismo paciente tenga fiebre alta tenemos la siguiente representación:

$$P(S/M) = 0,5$$
$$P(M) = 1/1000$$
$$P(S) = 1/20$$
$$P(M/S) = \frac{P(S/M)P(M)}{P(S)}$$
$$P(M/S) = 0,0004$$

Donde 4 de cada 1000 pacientes que tienen fiebre alta también tienen gripe.

En las pruebas médicas suelen aparecer falsos positivos y falsos negativos. En la ecuación de Bayes se pueden tener en cuenta estos resultados para hacer una apreciación de la probabilidad.

Así, si se toman 100 sujetos, solo 1 tendrá cáncer. Otros 10 no lo tendrán, pero darán un falso positivo en los análisis. Un resultado positivo solo significa que tienes el riesgo de ser la persona que realmente padece cáncer (7,8% para ser exactos) de aproximadamente 1/11.

La fórmula bayesiana permite usar los resultados de la prueba y corregirlos para el "sesgo" introducido por los falsos positivos, según esta ecuación:

$$\Pr(A / X) = \frac{\Pr(X / A)\Pr(A)}{\Pr(X / A)\Pr(A) + \Pr(X / : \ A)\Pr(: \ A)}$$

- P(A/X) = posibilidad de tener cáncer (A) dado un resultado positivo (X). Esto es lo que queremos saber: ¿qué probabilidad hay de tener cáncer con un resultado positivo? En el caso propuesto es del 7,8%
- P(X|A) = posibilidad de un test positivo (X) que indica que el enfermo tiene cáncer (A). Esta es la posibilidad de un verdadero positivo, 80% en este caso.
- P(A) = posibilidad teórica de poder tener cáncer (1%).
- P(~A) = posibilidad teórica de no tener cáncer (99%).
- P(X/~A) = posibilidad de dar positivo en un test (X), dado que no tiene cáncer (~A). Un falso positivo, 9.6%, en este caso.

Aunque el teorema de Bayes es válido en cualquier aplicación de la teoría de la probabilidad, los seguidores de la estadística tradicional sólo admiten probabilidades basadas en experimentos repetibles y que tengan una confirmación empírica, mientras que la mayoría admite las probabilidades subjetivas, que son con las que se suele trabajar en amplios campos de la vida cotidiana (medicina, economía, elecciones, sociología, opinión pública, etc.). El teorema está diseñado para poder ajustar las probabilidades subjetivas cuando se recibe una información adicional que modifica nuestras apreciaciones. Una aplicación muy utilizada actualmente la realiza el buscador Google. Según el número de consultas sobre un tema (fiebre, gripe, antigripales, prevención) puede predecir, por ejemplo, la extensión de la gripe en el mundo antes de que se sepa su incidencia.

3.5.3. Ley de los grandes números

La "ley de los grandes números" es uno de los teoremas que expresa la idea de que a medida que aumenta el número de ensayos de un proceso aleatorio, la diferencia porcentual entre los valores esperados y reales se aproxima a cero.

Jacob Bernoulli, en el siglo XVII, en su obra *Ars Conjectandi*, introdujo lo que hoy se conoce como la primera ley de los grandes números, que básicamente establece que bajo ciertas condiciones, un promedio muestral se aproxima al promedio de la población de donde se obtuvo la muestra, si el tamaño de la muestra es suficientemente grande.

Aunque la estadística está para corregir los tamaños de la muestra, sin embargo, las muestras pequeñas tienen dos efectos fundamentales: ser susceptibles a grandes variaciones y ser muy imprecisas. Existe una correlación directa entre el tamaño de la muestra y la exactitud de sus predicciones. A mayor tamaño mayor precisión.

La teoría de la probabilidad establece este principio como una norma general y todos los estadísticos la conocen y la aplican.

El problema que encontraron los psicólogos Kahneman y Tsverky cuando preguntaron a la gente sus predicciones sobre la base de muestras pequeñas y grandes, fue que la gente no aplica esta ley probabilística. Veamos el siguiente ejemplo:

> Un estudio sobre la incidencia de cáncer renal en los 3.141 condados de Estados Unidos revela una pauta sorprendente. Los condados en los que la incidencia de cáncer renal es más baja son en su mayoría rurales, con escasa densidad de población y pertenecientes a estados tradicionalmente republicanos del Medio Oeste, el Sur y el Oeste." También encontramos que: "los condados en los que la incidencia de cáncer renal es más alta, son condados que tienden a ser en su mayoría rurales, con escasa densidad de población y pertenecientes a estados tradicionalmente republicanos del Medio Oeste, el Sur y el Oeste.

Coincide, por tanto, la alta densidad y la baja densidad de cáncer de riñón con condados rurales pertenecientes a estados tradicionalmente republicanos del Medio Oeste, el Sur y el Oeste.

¿A qué se debe esta contradicción? La respuesta más simple, desde el punto de vista estadístico, es que todos estos condados son pequeños y con baja población, lo que nos lleva a establecer que la muestra es pequeña. En este caso se aplica la ley de los pequeños números que, como hemos dicho, es inestable y muy imprecisa. No es de extrañar, por tanto, que se produzcan en ellos las mayores variaciones: la más alta y la más baja incidencia de cáncer renal.

Kahneman y Tversky (1972) presentaron el siguiente texto:

> En una determinada ciudad hay dos hospitales. En el hospital grande nacen diariamente unos 45 bebés, mientras que en el hospital pequeño nacen unos 15 bebés al día. Como todo el mundo sabe, prácticamente el 50% de los bebés que nacen son niños. Pero el porcentaje exacto varía de un día para otro. Unas veces puede ser superior al 50% y otras, inferior.
>
> Durante un año, cada hospital registró los días en que más de un 60% de los bebés nacidos eran niños. ¿En qué hospital crees que sucedió esto más veces?

> En el hospital grande.
> En el hospital pequeño.
> Más o menos igual.

Los resultados obtenidos fueron que los sujetos juzgaban que la probabilidad de que nacieran más de un 60% de niños era igual en ambos hospitales, presumiblemente porque estos eventos eran descritos por la misma estadística y por tanto, igualmente representativos de la población general.

Desde luego, las nociones elementales de estadística no están al alcance de la mayoría de los sujetos. Cualquier estadístico sabe que las muestras más pequeñas son más variables y que los días en que más del 60% de los bebés nacidos niños se dieron en el hospital más pequeño.

En el mismo trabajo presentan otro problema más abstracto, en el que se muestra una insensibilidad similar al tamaño de la muestra en juicios de probabilidad, sin tener en cuenta que una muestra ha sido tomada de una población determinada y no de otra:

> Imagine una urna llena de bolas, de las cuales 2/3 son de un color y 1/3 de otro distinto. Un individuo ha sacado 5 bolas de la urna y ha encontrado que 4 son rojas y 1 blanca. Otro individuo ha sacado 20 bolas y ha encontrado que 12 son rojas y 8 blancas. ¿Cuál de los dos individuos confiará más en que la urna contenga 2/3 de bolas rojas y 1/3 de bolas blancas y no al revés? ¿Qué posibilidades apreciará cada individuo?

Las posibilidades posteriores correctas son de 8 a 1 para la muestra de 4:1 y de 16 a 1 para la muestra de 12:8, si suponemos que son iguales las probabilidades previas. Sin embargo, la mayoría de la gente piensa que la primera muestra ofrece una prueba mayor de la hipótesis de que en la urna hay muchas más bolas rojas porque su proporción es mayor que en la segunda. Aquí de nuevo vemos que los juicios intuitivos de los sujetos están dominados por la proporción existente en la muestra y no tienen en cuenta el tamaño de la misma que, según hemos visto anteriormente, es fundamental. La subestimación del impacto de la evidencia se ha observado repetidamente en problemas de este tipo y los autores lo han etiquetado de "conservadurismo".

3.5.4. La correlación ilusoria

Un organismo aprende a predecir y controlar su medio a través de observaciones sistemáticas porque siente la necesidad de establecer la correlación existente entre importantes eventos que nos llegan como estímulos. ¿Qué señales acompañan al peligro y a la seguridad? ¿Qué comportamiento está prohibido o permitido

en esta situación concreta? ¿Qué comportamiento es adecuado en este grupo social? La habilidad de hacerse una idea de la correlación que existe entre las señales y su significado, el comportamiento y el reforzamiento, entre los grupos sociales, entre causas y efectos, es fundamental para la supervivencia de los organismos.

Si esta habilidad central está deteriorada o distorsionada, los organismos pueden dar respuestas erróneas y tomar decisiones con consecuencias desastrosas.

Por ejemplo, la imposibilidad de aprender qué estímulos son señales de peligro, qué síntomas son señales de una enfermedad determinada. Así, las correlaciones inferidas erróneamente entre síntomas y enfermedad pueden conducir a un diagnóstico médico falso.

De una manera general, podemos decir que la correlación ilusoria se aplica no solamente a la sobreestimación de una correlación cero, sino a todas las formas de desviaciones sistemáticas o sesgos subjetivos.

En un estudio clásico sobre las correlaciones ilusorias en la diagnosis, Chapman y Chapman (1967) mostraron a sus participantes una serie de dibujos de personas, cada una con una indicación del problema que la caracterizaba. Los participantes creían haber visto correlaciones que se conformaban a los estereotipos diagnosticados. Por ejemplo, afirmaban que los pacientes con preocupación sobre su enfermedad habían producido dibujos con espaldas pronunciadas, mientras que los pacientes caracterizados como paranoicos dibujaban personas con los ojos saltones, aunque de hecho todos los ojos eran iguales. Hamilton y Rose (1980) usaron una lista de personas en las que había una relación entre sus categorías vocacionales y sus rasgos de personalidad. Aunque todos los grupos vocacionales aparecían iguales, con los mismos rasgos, los participantes creían haber visto emparejamientos, como contable/perfeccionista o doctor/ayudador.

En su seminal trabajo basado en las correlaciones ilusorias, Hamilton y Gifford (1976) presentaron a sus participantes una serie de afirmaciones que describían comportamientos positivos o negativos realizados por individuos de dos grupos ficticios. La serie de afirmaciones tenía tres características principales: (a) las descripciones de comportamientos positivos aparecieron más que las negativas, (b) un grupo aparecía más a menudo que el otro, y (c) el número de descripciones del comportamiento positivo o negativo fue la misma para ambos grupos, siendo cero la correlación entre grupos y la valencia. Así, no había ninguna razón aparente para evaluar los dos grupos de forma diferente. Sin embargo, la impresión sobre los grupos, las estimaciones de la frecuencia y las asignaciones basadas en la memoria de las descripciones del comportamiento de los grupos, reflejaban evaluaciones más positivas de la mayoría que de la minoría.

Tsverky y Kahneman (1974) sugieren que el fenómeno de la correlación ilusoria puede deberse al heurístico de la disponibilidad, aunque otros autores ponen

como explicación las correlaciones ilusorias basadas en las expectativas, en el peso desigual de la información, la atención selectiva y la codificación.

3.6. Resumen

Todos los seres humanos queremos saber exactamente cómo responder al medio ambiente en el que vivimos, para ello es necesario saber qué respuesta de nuestro organismo es adecuada a cada estímulo. Sin embargo, nuestro conocimiento no tiene un nivel suficiente como para poder actuar con coherencia.

La experiencia acumulada durante nuestra vida nos ha enseñado a discriminar estímulos peligrosos de otros agradables o neutros. Cuanto mayor es la experiencia, mejores son nuestras respuestas a los estímulos.

La misión de la ciencia es ofrecernos un mundo sometido a cuantificación, de modo que tengamos plena seguridad en nuestras predicciones sobre el comportamiento del universo y de la naturaleza que nos rodea. Existen, sin duda, algunas estimaciones precisas junto a otras que son simplemente posibles o poco probables.

La estimación de la probabilidad se puede hacer de dos formas: objetiva o subjetiva. Las estimaciones objetivas obedecen a análisis científicos de la realidad y a su cuantificación. La probabilidad de que el día de mañana (en nuestro hemisferio) tenga una duración de unos 3 minutos más que hoy (29 de enero) es del 100%.

La probabilidad subjetiva se basa en apreciaciones debidas a la experiencia, las emociones, los deseos o las esperanzas de la gente.

Los principales errores que cometen los seres humanos al calcular la probabilidad de ocurrencia de un evento se deben fundamentalmente a las siguientes desviaciones:

- *Exceso de confianza*: las personas suelen fiarse demasiado de su instinto, de sus conocimientos previos o de su nivel de experiencia.
- *Sesgo de a posteriori*. Cuando se conocen los resultados sobre los que hemos especulado, solemos acercarnos más a la realidad que a nuestras provisiones anteriores.
- *La representatividad de los datos*. Solemos dar más importancia de la que tienen a algunos datos que son más relevantes o más recientes.
- *Anclaje y ajuste.* Cuando partimos de una cifra concreta, solemos ajustar nuestras predicciones de acuerdo a esa cifra.
- *El efecto de la regresión a la media* explica muchos comportamientos que, aparentemente, son inconsistentes.

— *El teorema de Bayes* está siendo muy utilizado para predecir comportamientos probabilísticos cuando se conocen algunos datos del pasado.
— *El tamaño de la muestra*. Las características de las muestras pequeñas son su gran variabilidad y su inestabilidad.

4
Las tareas de selección con contenido abstracto

4.1. Las tareas de Wason

La tarea fundamental del método inductivo es establecer relaciones entre distintos hechos. Estas relaciones pueden ser de muy diferente índole, entre otras, podemos considerar las relaciones causales (si no tiene pilas, el transistor no funciona), analogías (si para subir al autobús tengo que introducir el bonobús para que la máquina lo valide, para subir al metro tendré que hacer algo parecido), antecedentes-consecuentes (si atardece, pronto se hará de noche), etc.

Algunas relaciones son más sencillas de establecer que otras, dependiendo de la familiaridad que tengamos con ellas. Todas aquellas relaciones que están profundamente arraigadas en la misma naturaleza son más fácilmente detectables; por ejemplo, la relación entre un golpe y el dolor consecuente, la hinchazón de la zona golpeada y el enrojecimiento. Otras relaciones de tipo abstracto son más difíciles de establecer porque no acostumbramos a hacerlas en nuestra vida cotidiana. Difícilmente, fuera de las aulas se nos presenta el problema abstracto de determinar la relación que existe entre A y C en esta relación A>B<C.

Nuestra misma naturaleza y la historia de experiencias a lo largo de la evolución nos han predispuesto a buscar la confirmación de nuestras hipótesis en contra de la falsación de estas. Cuando oímos un ruido en una noche oscura en medio del bosque hacemos hipótesis jerárquicas, que van de lo más peligroso a lo menos peligroso. Es preferible ponerse en guardia frente al peligro que representaría enfrentarse a un oso, que pensar que ha sido el viento y no estar preparados ante un ataque por sorpresa. Las sucesivas experiencias harán que discriminemos mejor el crujir de las ramas del suelo ante la pisada de un oso y la pisada de un conejo, por ejemplo.

Aunque la falsación es el método científico alternativo propuesto por Popper a la verificación y a pesar de que tiene evidentes ventajas, no es el método más utilizado en la vida cotidiana. Falsar puede ser muy peligroso evolutivamente hablando. Pensemos, por ejemplo, que formulamos la hipótesis de que ningún animal del bosque es peligroso, la falsación consistiría en ser atacados por un oso gris con consecuencias desastrosas para nosotros, lo que invalidaría la hipótesis propuesta.

En las tareas de selección de Wason se dan las dos condiciones menos favorables para la mente humana respecto a la comprobación de hipótesis: son abstractas y hay que falsarlas.

Cuando Wason (1966) inventó la tarea de selección de las tarjetas, su interés estaba centrado en el razonamiento condicional, si… entonces. En principio, Wason quería dilucidar si los sujetos interpretan el condicional como implicación (Si llueve → las calles se mojan) o como equivalencia (Si es mamífero ↔ da de mamar a sus crías; si da de mamar a sus crías ↔ entonces es mamífero). En un estudio posterior, analizando las respuestas de los sujetos experimentales, descubrió que tenía mucha importancia la estrategia de verificación frente a la falsación de la hipótesis. También descubrió que existía una gran diferencia cuando el problema se planteaba de forma abstracta que si se hace de forma concreta.

4.1.1. La tarea de selección

Para comprender mejor el contenido de los problemas que presenta Wason es muy útil intentar solucionarlos y luego leer algunas de las explicaciones que han dado los múltiples investigadores que han utilizado estos problemas. Evans, Newstead y Byrne (1993) comentan que en treinta años se habían publicado más de 100 trabajos sobre la tarea de selección y sigue aumentando el interés por este tema.

Problema 1. En el dibujo de la página siguiente hay cuatro tarjetas. Cada tarjeta tiene una letra en un lado y un número en el otro (en la situación actual usted sólo puede ver una de las caras). Hay una regla que se aplica a estas cuatro tarjetas:

Si hay una vocal en un lado, hay un número par en el otro.

La tarea consiste en seleccionar aquellas tarjetas que deben girarse para averiguar si la regla es verdadera, es decir, para ver si describe correctamente todas las tarjetas.

En ambos casos lo que nos interesa ante todo es ver si alguna de las tarjetas viola la regla. Para ello es necesario volver algunas tarjetas, las únicas que pueden

estar violando la regla. ¿Qué tarjetas cree que pueden estar violando la regla y, por tanto, hay que volver?

Es claro que en este caso se aplica una ley lógica para un silogismo de la forma si… entonces. En este tipo de silogismos las tablas de verdad son:

Si P, entonces Q P, luego Q	**Verdadero**	**Si P, entonces Q P, luego no Q**	**Falso**

En este caso sabemos que la única manera de violar la regla establecida en el silogismo si p, entonces q, es si P entonces noQ. La negación de la q hace que estemos violando la regla establecida: si p entonces q.

Pasemos ahora a colocar los símbolos lógicos a las tarjetas siguiendo la regla fundamental: si hay una vocal en un lado, hay un número par en el otro. La primera tarjeta tiene una vocal, por tanto le ponemos el signo lógico p. La tarjeta que está en el tercer lugar tiene un número par, por tanto, le pondremos el signo lógico q. La tarjeta que está en segundo lugar es una consonante, lo que quiere decir que no es una vocal, por tanto, le pondremos el signo lógico que niega que sea una vocal: no p. La tarjeta que está en cuarto lugar es un número impar, es decir, no es un número par, por tanto, le pondremos el signo no q, ya que al número par le hemos puesto q.

Así, tendremos:

P noP Q noQ

Sabiendo que la única forma de violar la regla anterior es si P entonces Q y noQ, las únicas tarjetas que tenemos que volver para ver si se viola la regla son P y noQ.

Problema 2. Las condiciones son las mismas que en el problema 1. Pero la regla que se aplica es:

Si hay una R en un lado, no hay un 4 en el otro.

Está claro que en este caso se aplica una ley lógica para un silogismo de la forma si… entonces. En este tipo de silogismos las tablas de verdad son:

Si P, entonces noQ P, luego noQ	**Verdadero**	**Si P, entonces noQ P, luego Q**	**Falso**

La primera tarjeta tiene una R, por tanto, le ponemos el signo lógico p. La tarjeta que está en el tercer lugar tiene un 8, por tanto le pondremos el signo lógico noQ. La tarjeta que está en segundo lugar es una V, lo que quiere decir que no es una R, por tanto le pondremos el signo lógico que niega que sea una R: no p. La tarjeta que está en cuarto lugar es un 4, por tanto, le pondremos el signo q, ya que al número 8 le hemos puesto no q.

Así, tendremos:

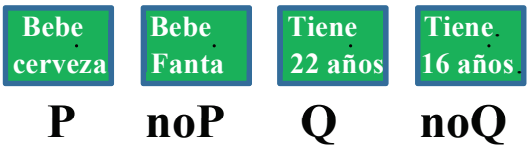
Sabiendo que la única forma de violar la regla anterior es si P entonces Q y Q, las únicas tarjetas que tenemos que volver para ver si se viola la regla son P y Q.

Evans y Linch (1973) han comprobado cómo influye la presentación del condicional en su forma "tollens" (cuando el consecuente es negativo), como ocurre en la presentación del problema 2. En este caso, los sujetos seguían eligiendo los valores nombrados en la formulación del problema (si hay una R en un lado, no hay un 4 en el otro), aun cuando esta elección provocará una elección de falsación. Por tanto, dedujeron estos autores que los sujetos experimentales no se ajustan a una estrategia de verificación, sino a una de emparejamiento. Sin embargo, esta regla no aparece en todos los casos y no se presenta en absoluto cuando se utilizan reglas concretas.

Si los sujetos fracasaban alrededor de un 80% en la elección de las tarjetas correctas cuando se utilizaban conceptos abstractos, se pensó en utilizar problemas de la vida cotidiana para comprobar si la familiaridad influía en la elección correcta. Para ello se propuso el siguiente problema.

Problema 3. Suponga que usted es policía y debe vigilar que se cumpla una ley que dice: *si alguien está bebiendo cerveza debe tener más de 18 años.*

Entra en un bar y ve a cuatro individuos bebiendo en la barra. La factura que tiene cada uno indica la bebida que está tomando, aunque hay dos individuos que no tienen la nota de lo que están tomando, solo sabemos sus edades. Según esto, ¿qué tarjetas tenemos que girar para saber si alguien está violando la normativa?



En este caso, el porcentaje de aciertos mejoraba notablemente respecto a las reglas más abstractas. En este ejemplo, el 60% de los sujetos solo seleccionaron las tarjetas correctas P y noQ.

La tarea de Wason no solo es un problema lógico en el que se aplican tablas de verdad, sino que existen otras muchas modalidades que modifican la comprensión de los condicionales. En el cuadro 4.1 presentamos las cuatro modalidades en las que se puede violar una regla.

Cuadro 4.1. Modalidades en las que se puede violar la regla establecida

Si	*Entonces*	*Ejemplo*	*Violación de la regla*	*Ejemplo*
P	Q	Si llueve, las calles se mojan	¬Q	Llueve, las calles no se mojan
P	¬Q	Si llueve, las calles no están secas	Q	Llueve, las calles están secas
¬P	Q	Si no estudias, suspenderás	¬Q	Si no estudias, no suspenderás
¬P	¬Q	Si no estudias, no aprobarás	Q	Si no estudias, aprobarás

No todos los condicionales tienen la misma modalidad, sino que existen diferentes formas de presentarse. Entre otros podemos destacar: los descriptivos, el contrato social, de aviso o precaución.

Existen condicionales puramente descriptivos de una realidad. Por ejemplo: Juan ha plantado lechugas en su huerto, pero los ciervos han venido durante la

noche y se las han comido. Se lo cuenta a su abuela y esta le dice: *Si pones cascabeles, los ciervos no se acercarán al huerto.*

Otros condicionales tienen la forma de un contrato social:

> Si me llevo un reloj de la tienda, tengo que pagar el precio.
> Si te llevas mi coche, tienes que devolvérmelo con el depósito lleno de gasolina.

En estos dos casos se aplicaría la regla general:

> Si obtengo un beneficio, tengo que cumplir con las condiciones.

Algunos contratos están estipulados por el consenso social, mientras que otros no lo están:

> Si te devuelvo el coche con el depósito lleno de gasolina, lo puedo usar.

Pero yo no te quiero dejar el coche de ninguna manera.

> Si pagas el precio del reloj, te lo puedes llevar.

Solo que yo no te lo quiero vender porque es un recuerdo familiar.

Existen otros condicionales que son reglas de precaución:

> Si viajas al África subsahariana, entonces debes vacunarte.
> Si entras en la obra, debes ponerte el casco.

En este caso se aplicaría la regla general:

> Si vas a hacer una actividad peligrosa, entonces debes tomar precauciones.

La tarea de Wason de selección de tarjetas se ha utilizado para la detección de los tramposos, aunque en muchas ocasiones las metas pragmáticas afectan el juicio, de manera que no son necesariamente consecuentes con la verdad lógica. En algunos casos no se pueden etiquetar como errores, como ejemplifica el experimento siguiente:

Gigerenzer y Hug (1992) asignaron dos papeles a los participantes: empleado o empleador, para detectar si se violaba una regla. La regla era: "Si un empleado trabaja los fines de semana (P), entonces tiene derecho a un día libre de esa semana (Q)". La respuesta mayoritaria de los que jugaron el papel de empleados coincidió con la respuesta correcta desde el punto de vista lógico, *P y no Q (se viola la regla si has trabajado el fin de semana y no te conceden un día libre).* Sin embar-

go, la respuesta dominante de los que jugaron el papel de empleadores, cambió a *no P y Q (violas la reglas si no has trabajado el fin de semana y te tomas un día libre)*. Los empleados sólo se fijaron en si no les concedían un día libre después de haber trabajado el fin de semana. El empleado tiene que inspeccionar P y noQ, que coincide con la verificación de la lógica correcta para ver si se ha violado la regla. Desde la perspectiva de los empleadores, el engaño ocurre cuando un empleado se toma un día libre (Q) sin haber trabajado el fin de semana (no P). Esto explica por qué los empleadores seleccionaron noP y Q, en lugar de tratar de verificar la verdad lógica que requiere seleccionar P y noQ.

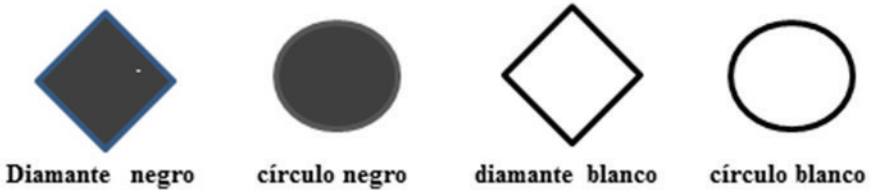
Gigerenzer y Hug descompusieron la conducta observada en correspondencia con la detección del fraude y de las obligaciones de un contrato social (que define las funciones y fija las metas) y demostraron que es la pragmática del que razona (desde su perspectiva) lo que explica el comportamiento observado.

4.1.2. El problema THOG

El problema THOG fue formulado por Peter Wason en 1979. Es una sílaba sin sentido tomada de una lista de Woodworth (1938).

A continuación, presentamos el siguiente problema. Hay cuatro figuras: un diamante negro, un círculo negro, un diamante blanco y un círculo blanco. Yo he anotado en un papel uno de los colores (blanco o negro) y una de las formas (diamante o círculo). Ahora lea la siguiente regla con cuidado:

> Sí, y sólo si, alguna de las figuras incluye el color que he anotado o la forma que he anotado, pero no ambos, esa figura es un THOG.
> Le diré que el diamante negro es un THOG.



Con esta información, usted debe clasificar cada una de las figuras como THOG o como no THOG.

Si el diamante negro es un THOG, esto quiere decir que o bien es un THOG por el color o bien por la forma, pero no por ambos. De esta manera podemos

crear una tabla en la que separemos las dos cualidades (color: negro-blanco y forma: diamante-círculo).

Podemos comenzar analizando uno de los colores y una de las formas (negro, círculo). En este caso encontramos que el diamante negro y el círculo blanco tienen una sola de las características (el diamante es negro, pero no es círculo; el círculo no es negro, pero es círculo). Esto mismo sucede si tomamos el otro color (blanco) y la otra forma (diamante). El diamante negro es un THOG porque solo tiene una característica (no es blanco y sí es diamante). El círculo blanco también tiene solo una característica (es blanco, pero no es diamante). El resto de las figuras o bien tienen las dos características, o bien no tienen ninguna, según puede apreciarse en el cuadro 4.2.

Cuadro 4.2. Clasificación de las cuatro figuras en el problema THOG utilizando las dos posibles combinaciones que el experimentador podría tener en mente

Colores anotados	*Diamante negro THOG*		*Círculo negro No es THOG*		*Diamante blanco No es THOG*		*Círculo blanco THOG*	
Círculo Negro	Negro	Sí	Negro	Sí	Negro	No	Negro	No
	Círculo	No	Círculo	Sí	Círculo	No	Círculo	Sí
Diamante Blanco	Blanco	No	Blanco	No	Blanco	Sí	Blanco	Sí
	Diamante	Sí	Diamante	No	Diamante	Sí	Diamante	No

Los resultados fueron bastante parecidos a los obtenidos con la tarea de las cuatro tarjetas, una cuarta parte de los sujetos daban la respuesta correcta (alrededor de un 20%). La respuesta más frecuente es afirmar que el diamante blanco y el círculo negro son THOG y que el círculo blanco no es un THOG.

Una dificultad que entorpece enormemente el problema es que las cualidades del THOG, blanco-negro, diamante-círculo no están definidas; se puede tomar como base cualquiera de ellas para hacer los cálculos pertinentes. El resultado de partir de un atributo cualquiera de ellos y luego cambiar a la otra cualidad tiene como resultado que un objeto que no es un THOG puede no serlo porque no tiene ninguna de las cualidades en un caso o las dos en el otro. Si tomamos de base el círculo negro, el círculo negro no es un THOG porque tiene las dos cualidades (véase el cuadro 4.2.), mientras que si tomamos como base el diamante blanco, el mismo círculo negro no es un THOG porque no tiene ninguna de las cualidades. Lo mismo sucede con el diamante blanco en el primero de los casos (negro o círculo), no tiene ninguna de las características de los THOG, mientras que en el segundo caso (blanco o diamante) tiene las dos características.

Si tenemos que trabajar de memoria, sin ayudarnos de un esquema como el expuesto en el cuadro 4.2, tendríamos que barajar 16 elementos y, en el mejor de los casos, si trabajamos con dos características (círculo-negro o diamante-blanco) tendríamos que manejar 8 características, lo que es excesivo para la capacidad media de la memoria de trabajo.

¿Por qué es tan difícil solucionar el problema de los THOG? Algunos autores han apuntado a que los sujetos confunden las dos características del ejemplo THOG (negro y círculo) con las características en las que está pensando el experimentador. Otros autores han señalado que la mayoría de los sujetos no construyen las dos posibles formas del THOG (negro-círculo/blanco-diamante).

¿Qué pasa si se utilizan términos familiares concretos o reducimos la complejidad de la tarea? Marek, Griggs y Koenig (2000) comprobaron que las personas podían dar respuestas correctas si se reducía la complejidad de la tarea, es decir, podían resolver la tarea mediante un verdadero proceso de razonamiento. Sin embargo, cuando no se reducía la complejidad de la tarea, el tipo de respuesta correcta respondía más a procesos superficiales que a un auténtico proceso de razonamiento.

Para que los sujetos utilizaran tareas con las que estaban familiarizados, Griggs y Neswtead (1982) propusieron el siguiente problema:

El Dr. Robinson instruyó a algunas enfermeras novatas sobre cómo administrar medicinas. Estaba hablando de enfermedades renales y dijo a las enfermeras que los pacientes renales requerían que se les administrase regularmente calcio y potasio. La mejor forma de administrarlo era mediante dos inyecciones diarias, pero los pacientes quedaban muy doloridos con dos inyecciones. Así, era costumbre del hospital administrar un fármaco de forma intravenosa y otro oralmente. El doctor resaltó: "deben dar a los pacientes el potasio bien en inyección, bien oralmente todos los días, pero por supuesto no deben darles la inyección de potasio y la píldora de potasio a la vez. De igual modo deben darles a los pacientes calcio, pero no conjuntamente la inyección y la pastilla de calcio".

	Intravenosa		*Oral*	
Respuesta 1	Deroxín	POTASIO	Prisone	CALCIO
Respuesta 2	Deroxín	POTASIO	Triblomate	POTASIO
Respuesta 3	Altanín	CALCIO	Prisone	CALCIO
Respuesta 4	Altanín	CALCIO	Triblomate	POTASIO

El Dr. Robinson les dijo que la primera respuesta estaba de acuerdo con sus instrucciones y no pudo continuar porque fue llamado para hacer una operación de emergencia. Las enfermeras tenían que solucionar por sí mismas si eran correctas o no las otras respuestas. Tu tarea será la misma que la de las enfermeras. Se trata de clasificar las tres combinaciones restantes para ver si:

1. Estaban conformes con las instrucciones del Dr. Robinson.
2. No estaban conformes con las instrucciones del Dr. Robinson.
3. Había insuficiente información para decidir.

Evidentemente, las instrucciones del Dr. Robinson eran correctas, aún sin saber exactamente si las inyecciones intravenosas eran de calcio o de potasio, ya que, de cualquier modo, si cambiamos el contenido (calcio-potasio) de los medicamentos, pero no su administración, las combinaciones habrían de dar el mismo resultado. Las únicas combinaciones correctas, por tanto, son la 1 y la 4, como puede verse en el cuadro 4.3.

Cuadro 4.3. Distribución de los medicamentos por vía oral o intravenosa

Respuestas	*Intravenosa*		*Oral*	
Respuesta 1: Correcta	Deroxin	CALCIO	Prisone	POTASIO
Respuesta 2: Incorrecta	Deroxin	CALCIO	Triblomate	CALCIO
Respuesta 2: Incorrecta	Altanín	POTASIO	Prisone	POTASIO
Respuesta 4: Correcta	Altanín	POTASIO	Triblomate	CALCIO

Utilizando un ejemplo muy familiar en clase he obtenido porcentajes cercanos al 80% entre mis alumnos de segundo de carrera en la Facultad de Psicología. El ejemplo es el siguiente:

En esta clase sólo se pueden considerar THOG aquellos de vosotros/as que tengan el color del pelo (rubio/a, moreno/a) en el que estoy pensando, o sea del género (hombre/mujer) que he anotado, pero no ambas cosas. Tú, por ejemplo (chica rubia), eres un THOG. Luego les pregunto a otros chicos y chicas y la mayoría saben sin son un THOG o no lo son.

4.1.3. El problema 2-4-6

Esta tarea, aparentemente sencilla, es muy difícil de llevar a cabo. Inventada por Wason (1960), se suele denominar de las veinte preguntas inversas. Es muy difícil

porque al sujeto solo se le da la siguiente información: *hay una regla que gobierna series de tres números y la secuencia 2-4-6 es un ejemplo de esta regla.* La tarea consiste en adivinar la regla que el investigador tiene en mente. Para ello, el sujeto puede preguntar al experimentador si hay otras secuencias de tres números que se ajustan a la regla. El experimentador se limitará a contestar "sí" o "no". Cuando el sujeto encuentra una regla que puede ser la que sigue el experimentador la dice y, de nuevo, el experimentador le dirá si coincide o no con la suya.

Se anima a los participantes a continuar probando sus hipótesis sobre la identidad de la regla subyacente proponiendo conjuntos de tres números hasta que estén "seguros" de que la han descubierto. El anuncio de la conjetura del participante sobre la regla concluye la tarea. Sin embargo, en algunos estudios, incluyendo el experimento original de Wason, los participantes pueden seguir proponiendo conjuntos de tres números que quieren probar y anunciar nuevas conjeturas de la regla hasta que se ha identificado una correcta.

La tarea es engañosamente simple. La regla es: *tres números cualquiera en orden ascendente.* De hecho, los participantes suelen fallar por la razón que dio Wason. Es decir, usar un patrón de búsqueda y recibir retroalimentación confirmante genera un incremento de confianza en la actual hipótesis y conduce a una suposición incorrecta de la regla verdadera.

La tarea 2-4-6 tiene la propiedad esencial de exigir no solo la comprobación de la hipótesis, sino también la generación de las hipótesis que se están probando. Esto contrasta con el problema de las 4 tarjetas. Esta labor conjunta de generación y prueba de hipótesis define la tarea 2-4-6 como ejemplo de una tarea en la que hay que descubrir la regla y no solo comprobar la hipótesis.

Uno de los más sólidos resultados de la tarea 2-4-6 es la aparente presencia de un "sesgo de confirmación". Se trata de la tendencia a buscar pruebas confirmadoras que inexorablemente surgen de las muchas respuestas "sí". Pero esto conduce al "fracaso en la eliminación de la hipótesis".

Tweney et al. (1980) se enfrentaron a este desafío con el desarrollo de la versión DAX-MED de la tarea 2-4-6. En esta versión, los participantes aprenden a descubrir no una, sino dos reglas, una llamada DAX, que se ajusta a la secuencia "2-4-6", y otra llamada secuencia MED. Las secuencias ascendentes reciben confirmaciones DAX y las no ascendentes, MED. Dichas instrucciones de dos metas (DG) producen un aumento sustancial en el éxito del descubrimiento de la regla.

Klayman y Ha (1987) sostienen que cuando las personas piensan en problemas realistas buscan una respuesta concreta con una pequeña probabilidad inicial. En este caso, las pruebas positivas deberían tener generalmente más información que las pruebas negativas. Sin embargo, en la regla de Wason la tarea es muy amplia, de modo que las pruebas positivas probablemente no aporten mucha información. Klayman y Ha utilizaron las etiquetas "DAX" (una tripleta de números ascendentes) y "MED" (una tripleta de cualquier otro tipo de números), en

lugar de "se ajusta a la regla" y "no se ajusta a la regla", para forzar a los sujetos a buscar modelos distintos de los habituales.

Joshua Klayman y Young-Won Ha llaman a la estrategia que usan los sujetos "estrategia de prueba positiva". Cada respuesta a una determinada pregunta da una cantidad diferente de información, que depende de las creencias previas de la persona. Por tanto, de una aprueba científica se espera que produzca la mayor cantidad de información. Puesto que el contenido de la información depende de la probabilidad inicial, una prueba positiva puede ser altamente informativa o poco informativa.

Para Frédéric Vallée-Tourangeau (2012), la tarea 2-4-6 de Wason estaba inserta en un escenario de razonamiento práctico donde las secuencias numéricas tenían utilidades bien delimitadas en el proceso de lograr el objetivo. La comprobación de hipótesis de los sujetos estaba claramente dirigida a la meta y significativamente influenciada por la forma positiva o negativa de las secuencias de los números. En la versión del escenario, donde tenía mayores beneficios generar secuencias positivas que negativas, los participantes llevaban a cabo peor la tarea medida por su capacidad de adivinar la regla correcta y por la naturaleza y el número de tripletes probados antes de hacer un anuncio. En cambio, el escenario que asigna una mayor utilidad a la producción de secuencias negativas fomentó una forma más diligente y un comportamiento más creativo de comprobación de hipótesis y los participantes fueron más propensos a descubrir la regla.

Estos resultados sugieren que el mal desempeño observado en la tarea tradicional 2-4-6 refleja un proceso de comprobación de hipótesis en el que se le asigna mayor utilidad a la producción de secuencias que cumplen con el triplete inicial y, por tanto, recibe retroalimentación positiva. Sin embargo, los razonadores no son reacios a producir secuencias negativas y comprender su implicación si su utilidad se hace relevante en el proceso de consecución de objetivos.

Cherubini, Castelvecchio y Cherubini (2005) sostienen que el ejemplo inicial 2-4-6 hace que los participantes pretendan generar hipótesis con información de alto valor que capture la estructura relacional subyacente en el triplete inicial. Esto explica por qué en la versión original de la tarea de Wason, las secuencias que generan los participantes tienden a reflejar una estrecha exploración del espacio de posibles tripletes, gobernados por reglas algebraicas específicas. Dado que tales hipótesis generan una retroalimentación positiva, los participantes se dejan llevar por un sentimiento de complacencia que limita sus esfuerzos y su creatividad.

Sin embargo, piensa Vallée-Tourangeau (2012), si animamos a los participantes a que consideren importante examinar secuencias de no incremento, eso conduce a una serie de consecuencias felices: anima a trabajar más tiempo en la tarea y a generar secuencias no ascendentes que les obliga a analizar una muestra más diferenciada de tripletes para inferir la naturaleza de la regla. La regla de números

ascendentes se suele descubrir cuando se generan secuencias negativas, porque su producción y, más específicamente, la producción de secuencias descendentes, pueden ser yuxtapuestas con secuencias ascendentes que reciben votos positivos. Este contraste revela la dimensión "descendente versus ascendente" (Gale y Ball, 2009). Los resultados del experimento muestran que haciendo hincapié en la importancia de generar secuencias, se distancian del modelo inicial 2-4-6 y se favorece la diligencia y la creatividad, ayudando a generar tripletes más variados y a obtener resultados que mejoran enormemente los iniciales.

Van der Henst et al. (2002) piensa que los participantes fracasan en su intento por resolver la tarea 2-4-6 porque las instrucciones son desconcertantes. Argumentan que la mayoría de las personas fracasan porque las instrucciones dadas en la tarea son engañosas: primero porque la serie 2-4-6 se le comunica a los sujetos y estos presumen que el modelo es pertinente. En segundo lugar porque la norma que hay que descubrir es demasiado simple en el contexto de la tarea.

Sperber y Wilson (1995) argumentan que la comunicación humana se rige por el principio comunicativo de la relevancia. Es decir, lo que se comunica debe ser importante. El comunicador tiene la intención de dar la información que sea relevante y suficiente para comprender el mensaje y actuar en consecuencia. La presunción de relevancia establece una estrategia de comprensión, que consiste en el camino del mínimo esfuerzo.

Así, cuando se le dice al sujeto que el ejemplo 2-4-6 es consistente con la regla, el sujeto supone que este ejemplo es relevante para encontrar la regla. Sin embargo, es todo lo contrario, ya que el ejemplo es un distractor, puesto que presupone otras muchas cosas que no están en la regla.

Esta hipótesis no ha sido contrastada, pero suponemos que la mayor parte de la gente intenta dar una respuesta que esté lo más ceñida posible al ejemplo que propone Wason:

a) son números ascendentes de dos en dos;
b) son números pares;
c) son números con intervalos de 2.

En este caso no se estaría aplicando la regla: "menos es más" que veremos en el tema sobre la toma de decisiones basada en la estadística.

En el caso de la tarea 2-4-6, los sujetos no se conforman con decir que la ley general es: "una serie de tres números en orden ascendente" (que sería la respuesta correcta y más simple), sino que quieren concretarla añadiendo otras hipótesis (números pares, números impares, en intervalos de dos en dos, sumándole dos al primer número, etc.). En este caso se está aplicando la *falacia de la conjunción,* acuñada por Tsversky y Kahneman (1982).

4.2. Resumen

Las tareas de selección con contenido abstracto diseñadas por Peter Wason están fuertemente inspiradas en la dialéctica entre confirmación y falsación. Wason presentó tres tareas para el estudio de la comprobación de hipótesis: la tarea de selección de cartas, el problema THOG y la tarea 2-4-6.

En la tarea de selección de cartas, los sujetos tienen que decidir qué tarjetas deben volver para ver si se está violando una regla establecida anteriormente. Este problema, abstracto en su forma original, es bastante difícil; solo alrededor de un 20% de los sujetos hacen elecciones correctas. El error más común es elegir las tarjetas E y 2, lo que muestra que los sujetos eligen el *modus ponens,* mientras que rechazan la validez del *modus tollens.*

Cuando el problema se muestra en su forma concreta, los resultados varían de forma notable, lo que sugiere que los sujetos entendieron la prohibición de beber cerveza a los menores de edad. Algunos autores explican estas diferencias debido a que los sujetos están familiarizados con el segundo ejemplo, mientras que la presentación abstracta hace que los sujetos no se fijen en la palabra clave: violar la regla.

El problema THOG tiene también mucha dificultad, ya que se debe tener en cuenta un gran número de alternativas que no tienen ninguna relación unas con otras dentro del sistema. En el caso concreto de los THOG, tiene tanta importancia lo que es como lo que no es.

Los sujetos encuentran el problema 2-4-6 enormemente complicado. Posiblemente los individuos intentan establecer normas más estrictas y concretas de la regla general: cualquier sucesión de tres números en plan ascendente. La información que se ofrece (2-4-6) como ejemplo tiene mucha más información de la necesaria. Por eso los sujetos intentan adaptar su hipótesis a todos los datos que ofrece el ejemplo, como son: números pares, el segundo número es el primero al cuadrado, el segundo número y el tercero es la suma del primero al segundo, etc.

En este caso, incluso la aplicación de la falsación no es efectiva.

PARTE II
Las ciencias formales

Una vez que el ser humano ha organizado el mundo y establecido las reglas básicas de su funcionamiento, puede organizar su mundo interno de acuerdo a las reglas formales que están más allá de lo puramente fáctico. El ser humano busca regularidades que no dependan de la experiencia ni de la constitución concreta del mundo. Aunque en el mundo nunca haya visto un círculo perfecto, puede concebir muchas figuras geométricas perfectas, puede descubrir que la matemática es una ciencia formal que no necesita del conocimiento fáctico, que la lógica está más allá de todo conocimiento que ha entrado por los sentidos y que posee estructuras mentales que son independientes de la naturaleza, estructuras ideales que solo existen dentro de su cabeza.

La pregunta que surge en su interior es: ¿puedo organizar el mundo de acuerdo a estas ciencias formales? La respuesta es que tanto la lógica formal como la matemática están más allá de la experiencia, pero que ningún conocimiento realmente científico puede prescindir de ellas.

En esta segunda parte dedicaremos dos capítulos a analizar el pensamiento deductivo y su método fundamental, que es el silogismo en sus dos variantes. La primera es el silogismo clásico de dos premisas y una conclusión:

> Todos los hombres son mortales.
> Juan es hombre.
> Luego Juan es mortal.

Y la segunda variante es el silogismo que tiene la forma de si… entonces:

> Si llueve las calles se mojan.
> Está lloviendo.
> Luego las calles están mojadas.

5
Razonamiento deductivo

5.1. Introducción

Leibniz decía que en el intelecto no hay nada sino el intelecto mismo. Y Kant, siguiendo el pensamiento de Leibniz, proponía que en toda cognición existe algo puesto por la naturaleza (el objeto en sí) y algo que pone la propia inteligencia humana (las categorías). De este modo, afirmaba que en el intelecto existen los objetos en mí, es decir los objetos que yo me he apropiado según la configuración propia de mi inteligencia. Ya en el siglo XX, Piaget estudió la configuración de la inteligencia ligada al desarrollo físico, a la maduración del cerebro y a la adquisición de la cultura. En este sentido, también Vygotsky explicaba la creación de nuevos órganos funcionales del cerebro en una relación dialéctica entre materia (cerebro) y espíritu (cultura). Todos estos estudios, y muchos otros, intentaron dar respuesta a la pregunta sobre la constitución de la inteligencia humana y de sus modalidades de razonamiento y entendimiento, así como a sus dimensiones especulativas, prácticas y morales.

No se puede negar la capacidad de la mente para razonar, deducir, dilucidar, especular, generalizar, delimitar la extensión de una afirmación, etc. Incluso la gente sencilla es capaz de comprender la relación existente entre estos tres términos: *A>B>C, luego A es mayor que C*, o los principios generales del tipo de: *el todo es mayor que cada una de sus partes*.

Cuando el hombre ha alcanzado un determinado nivel de desarrollo (operaciones formales en la terminología de Piaget) está capacitado para entender las relaciones lógicas entre distintas entidades. Que aplique la lógica, o no, es otra cosa. La lógica formal, sin embargo, no es frecuentemente utilizada fuera de los ámbitos académicos, ya que la gente o no la entiende o considera que es pedante emplearla en el hablar cotidiano.

5.2. La lógica formal

Cuando Aristóteles fue consciente de que en la mente del hombre solo hay representaciones de los objetos (traducidos a conceptos) y operadores, tuvo la intuición de que lo realmente importante son los operadores, ya que la gente más inteligente tenía más operadores y de mayor eficacia. El pensamiento abstracto o formal es capaz de manejar mucha más información y hacer esto de modo más eficiente.

El problema que se le plantea a cualquier investigador es cómo utilizar los operadores de modo que no se encuentren con las trabas propias del farragoso mundo de las pequeñas diferencias entre los objetos (colores, formas, tamaños, gustos, etc.). Aristóteles tuvo una idea genial, que consistió en prescindir de todo lo accesorio, lo que no es significativo de un objeto. Una manzana es una manzana aunque sea grande, pequeña, roja, verde, redondeada, aplanada. Una manzana es lo que es, aunque prescindamos de estas características accesorias. De esta manera obtuvo conceptos abstractos, sin nada material o que haga referencia a algo material. Ser una manzana está por encima de las pequeñas diferencias entre sus variedades.

El segundo problema al que se enfrentó Aristóteles fue determinar de modo científico el alcance y los límites de cada concepto. Una vez delimitado de modo científico el campo del concepto, se puede saber qué operadores se le aplican. Si el alma no es material, no se le puede aplicar un operador que la destruya. Si el cuerpo es material, entonces hay muchos agentes que pueden operar para destruirlo: enfermedades, asesinato, sufrimiento, envejecimiento, etc.

Desde la antigüedad griega se conocía el comportamiento de los números y sus capacidades. Una expresión numérica es una expresión abstracta, no representa nada material. Por ejemplo, 4+3 es una representación puramente formal y no hace referencia a nada concreto, simplemente tenemos dos objetos numéricos y un operador. Los operadores típicos de las matemáticas son aquellos que combinan varios elementos. Los números podemos sumarlos, restarlos, multiplicarlos, dividirlos, sacarles la raíz cuadrada, calcular el cuadrado, etc. Las matemáticas fueron durante mucho tiempo el paradigma de la ciencia perfecta, de modo que todas las ciencias querían parecerse a ella.

En el siglo XIX algunos lógicos intentaron realizar una lógica matemática que utilizara representaciones de la realidad mediante símbolos y operadores. En este momento hay dos tendencias complementarias: reducir las matemáticas a la lógica, o hacer de la lógica un sistema matemático. Gottlob Frege y Bertrand Russel propusieron que las teorías matemáticas no eran más que tautologías lógicas y esto se podía probar por medio de la reducción de la matemática a la lógica. Sin embargo, tras algunos intentos, se encontraron con barreras insalvables y le dieron la vuelta al proyecto, matematizando la lógica.

El proceso de razonamiento lógico basado en la deducción solo es válido si se dan las siguientes condiciones:

1. Si nos movemos dentro de nuestro mundo material, tal como lo conocemos los seres humanos, y ese universo es cerrado y conocemos todos los elementos que lo componen; también es necesario que exista consenso sobre los conocimientos que utilizamos en la deducción. Por ejemplo, existe consenso en que todos los hombres son mortales en nuestro mundo conocido.
2. Si nos movemos en el mundo formal en el que no existe referencia a nada material, lo importante no son las referencias semánticas, sino la pura formalidad. En este caso no nos interesa si algo es verdadero o falso, sino si es válido o inválido, es decir, si está de acuerdo con las reglas formales.

El método propio de investigación para el primer caso es el silogismo (que veremos en el capítulo siguiente). El método para analizar los aspectos formales es el cálculo proposicional, el método que se utiliza actualmente en muchos campos de la ciencia, desde la lógica formal a la computación.

Los operadores del cálculo proposicional más utilizados son la negación, la suma, la distribución, la implicación, la doble implicación (véase cuadro 5.1).

Cuadro 5.1. Operadores del cálculo proposicional

Operador lógico	*Equivalencia*	*Proposiciones p q*	*Ejemplo*
¬	No	p ¬q	Llueve, no hace sol
∧	y	p∧q	Llueve y hace frío
∨	o	p∨q	Llueve o hace sol
→	Si…entonces	p→q	Si llueve, las calles se mojan
↔	Si y sólo si	p↔q	Si florece, es primavera; si es primavera, florece

Las proposiciones del lenguaje natural tienen que ser transformadas al lenguaje formal; esto requiere, por ejemplo, eliminar características gramaticales irrelevantes para la lógica, reemplazar conjunciones gramaticales por conjunciones lógicas y reemplazar expresiones ambiguas, tales como mucho, bastante, poco, etc., por cuantificadores típicos de la lógica formal.

Podemos transformar este enunciado del lenguaje natural (todos los leones son depredadores) al lenguaje formal (∀x) (Fx→Gx), para todo (∀x) que sea león (Fx) también es depredador (Gx).

A los psicólogos nos interesa estudiar fundamentalmente aquellos aspectos del raciocinio que son susceptibles de ser violados sistemáticamente. Nos interesa en especial la lógica informal, es decir, el estudio de los argumentos que utilizamos en el lenguaje natural, especialmente las falacias. También nos interesan los aspectos formales, es decir, las inferencias que hacen los sujetos sin tener en cuenta su significado. Es importante descubrir si los sujetos se atienen a las reglas abstractas. En la lógica formal no interesa si la conclusión es verdadera o falsa, sino si es válida o inválida, es decir, si está correctamente derivada o no.

5.3. La psicología y el razonamiento deductivo

Como hemos dicho anteriormente, la deducción se basa en dos hechos fundamentales: (a) la consideración de un universo cerrado del que conocemos todo lo necesario; (b) la aplicación de reglas de inferencia.

Si decimos: *en la mesa hay un bolígrafo con la punta retráctil y un lápiz*, y preguntamos: *¿hay un muelle en la mesa?* La respuesta de cualquiera que conozca la composición del bolígrafo será sí, que el muelle está dentro del bolígrafo que está encima de la mesa. Si conocemos el universo del bolígrafo podremos deducir que existe un muelle dentro de ese universo. Las novelas de Agatha Christie se basan fundamentalmente en el desarrollo de elementos que no son patentes a primera vista, pero que están ahí. Solo la inteligencia de un superdotado, como es el detective Hércules Poirot, descubrirá relaciones entre los distintos actores hasta responder a la pregunta fundamental: ¿Quién mató a…?

Respecto a las reglas de inferencia podemos decir que algunas son lícitas y otras no. Existen muchas falacias que la gente utiliza con frecuencia para hacer deducciones. Una falacia generalizada viene desde los sofistas, que afirmaban que todo es relativo, ya que *el hombre es la medida de todas las cosas*.

Respecto a la aplicación de reglas de inferencia podemos señalar que existen dos orientaciones fundamentales. La primera centra su atención en la aplicación de reglas mentales de inferencia que posee la inteligencia y que le permite solucionar problemas basados en la deducción (Rips, 1994). En esta orientación, la deducción es considerada como un proceso formal en el que los sujetos aplican los principios de la lógica formal a los enunciados. Una vez terminado el proceso, se traduce a la situación concreta que presenta el problema. Los contenidos semánticos y pragmáticos no tienen importancia en el proceso, solo se consideran los procedimientos formales de la deducción. La segunda orientación se centra fundamentalmente en los aspectos semánticos. Johnson-Laird (1983) propone que

lo fundamental para solucionar un problema es la aptitud para combinar nuestras representaciones mentales y dar respuesta a los distintos interrogantes que se nos plantean.

A lo largo del tiempo se ha dado una controversia entre ambos puntos de vista, que podríamos resumir así: cuando razonan los individuos sin entrenamiento, ¿se apoyan en la sintaxis o en la semántica? Dicho de otra manera, ¿se basan en pruebas formales o en modelos mentales?

Lance J. Rips (1994), defiende en su teoría de la *Psicología de la Prueba* (PSYCOP) que los sujetos utilizan reglas de inferencia parecidas al cálculo lógico. Johnson-Laird et al. (1999), por su parte, defiende los modelos mentales. Este autor afirma que Rips y él tienen mucho en común. Ambos creen que la deducción es una habilidad fundamental y que los científicos cognitivos deberían implementar sus teorías con programas de ordenador, y que la controversia debería solucionarse mediante observaciones empíricas.

¿Qué es realmente lo que a los psicólogos les interesa investigar? Los psicólogos deben estudiar los procesos cognitivos, tanto formales como informales, que hacen posible la deducción lógica. No hay que olvidar que los seres humanos utilizamos con mucha frecuencia procedimientos extralógicos, como son la intuición, la aproximación y otros.

Los fenómenos que más han llamado la atención de los psicólogos han sido la habilidad de entender la negación, los operadores condicionales, las series de tres términos y los cuantificadores del lenguaje ordinario.

5.3.1. La habilidad de entender la negación

La negación siempre ha sido un quebradero de cabeza para los psicólogos. No es fácil entender qué se quiere decir cuando utilizamos la negación en una proposición. ¿Qué significa: *Juan no fue en tren*? ¿Fue en coche, en avión, en autobús…? O, simplemente, no fue de ninguna manera, porque en realidad no fue a ningún sitio. La información que nos ofrece la negación es muy pobre, ambigua y vaga.

La técnica para determinar la dificultad que tenemos para procesar frases negativas es medir el tiempo de respuesta ante estímulos negativos. Si el tiempo de respuesta es mayor que ante estímulos afirmativos, entonces se supone que la mente debe realizar algunas operaciones complementarias para su comprensión. Noam Chomsky (1957) defendía que las frases negativas se comprendían deshaciendo la negación y recordando que se había hecho esta transformación. Por tanto, el tiempo de reacción para comprender una frase negativa era significativamente mayor que para entender una frase afirmativa. Cuando decimos: *si una rana tiene colores negros, rojos y amarillos es venenosa*, tardamos menos tiempo en procesarla que si decimos: *si una rana no tiene colores negros, rojos y amari-*

llos no es nociva. En este segundo caso debemos transformar la frase negativa en positiva y saber que los colores brillantes son un indicio de poseer veneno.

Se supone que cuanto mayor es el número de negaciones, mayor es el tiempo que se tarda en comprender el significado de esa frase. Por ejemplo, en la sentencia: *no es justo no perdonar al que no ha hecho ningún daño*, tenemos tres negaciones, lo que hace que su comprensión sea más compleja y necesitemos más tiempo para procesarla. Sin embargo, existen frases con tres negaciones que son más fáciles de procesar cuando la negación va implícita en las palabras: *es injusto no perdonar al inocente*.

Lo mismo que en el lenguaje ambiguo se utiliza el contexto para desambiguar, también en el lenguaje con negación se puede utilizar el contexto para aclarar el significado de la negación. Los contextos en los que la negación se hace más fácil de procesar son los de *negación plausible* (Wason y Johnson-Laird, 1972). En el experimento de Wason (1965) se presentaban ocho círculos, siete de un color y uno con un color diferente. Se pidió a los participantes que completaran un fragmento de sentencia afirmativa o negativa. Para completar los fragmentos negativos (por ejemplo, el círculo n.º 3 no es…) se necesitaba más tiempo que para los afirmativos (por ejemplo, el círculo n.º 3 es…), pero esta diferencia se reducía considerablemente cuando la sentencia negativa se refería al círculo que tenía un color diferente.

Beukeboom, Finkenauer y Wigboldus (2010) han mostrado que la expectativa de estereotipos también es un antecedente importante en el uso de la negación. Esto significa que cuando se violan las expectativas de un comportamiento estereotipado, el uso de las negaciones parece más adecuado. Por ejemplo, si un locutor dice que *los hombres de la limpieza son estúpid*os, pero un basurero en particular viola esta regla mostrando comportamientos altamente inteligentes, el locutor usará una negación como *el basurero no es un estúpido*. Si el comportamiento es el esperado, no se suele utilizar una negación (*el profesor era inteligente*).

Las negaciones abren un abanico más amplio de posibilidades deductivas, lo que complica la selección adecuada de elecciones posibles. Por ejemplo, podemos intentar responder a esta cuestión: *el policía no llevaba ese día la placa reglamentaria, por tanto, cuando vio el crimen….*

5.3.2. Los operadores condicionales

Lo normal es que el razonamiento de la gente coincida con las leyes lógicas formales. Pero ¿qué sucede cuando las personas sin conocimientos de la lógica formal se enfrentan a normas que aparentemente son absurdas para ellas? Esto sucede en el cálculo de proposiciones en el condicional material.

El cuadro de verdad-falsedad que presentamos es un ejemplo difícil de asimilar por la gente sin conocimientos formales de la lógica (véase cuadro 5.2).

Cuadro 5.2. Valores de verdad en la relación Si p, entonces q

P	*Q*	$p \rightarrow q$	$\neg p$
Verdadero	Verdadero	Verdadero	Falso
Verdadero	Falso	Falso	Falso
Falso	Verdadero	Verdadero	Verdadero
Falso	Falso	Verdadero	Verdadero

Supongamos que tenemos esta afirmación condicional. *Si estudio, entonces aprobaré la asignatura*. En este enunciado aparece una conexión entre el antecedente (si estudio) y el consecuente (aprobaré la asignatura). Por tanto, si es verdad que *estudio*, también es verdad que *aprobaré*. ¿Qué sucede si estudio y no apruebo? Entonces la proposición condicional es falsa, ya que no se cumple la implicación.

Si no estudio (antecedente falso) no tengo por qué suspender, también puedo aprobar; por tanto, la proposición condicional es verdadera. Si no estudio (antecedente falso) y no apruebo, la proposición condicional también es verdadera (se cumple la implicación). En esta tabla de verdad, sólo es falsa si el condicional es verdadero y el consecuente falso (véase el cuadro 5.3).

Cuadro 5.3. Valores de verdad en la relación Si p, entonces q

P	*Q*	$p \rightarrow q$
Verdadero Si llueve	Verdadero las calles se mojan	Verdadero
Verdadero Si llueve	Falso Las calles no se mojan	Falso
Falso Si es de noche	Verdadero Luce el sol	Verdadero
Falso Si soy rico	Falso Tengo un palacio	Verdadero

Sin embargo, esta tabla de verdad no es fácilmente compaginable con nuestras intuiciones y los referentes semánticos que solemos utilizar como contraste. ¿Por qué es tan difícil de aceptar esta tabla de verdad? Sencillamente porque el condicional material es una verdad exclusivamente formal que se aparta de nuestro modo común de relacionar las cosas. Nosotros utilizamos este tipo de implicaciones cuando vemos relaciones más profundas, causales (si llueve, las calles se mojan), inferenciales (si esta casa está calcinada, hubo un incendio), prospectivas (si la gente pasa hambre, habrá una revuelta social), etc.

Siguiendo la lógica formal, podemos establecer que: (a) *cualquier condicional material con un consecuente verdadero se considera verdadero*; (b) *cualquier condicional con un antecedente falso se considera verdadero; (c) cualquier condicional material con un antecedente verdadero y un consecuente falso se considera falso*.

Para explicar esta discrepancia entre las tablas de verdad de la lógica formal y el lenguaje natural se han dado algunas explicaciones: *los principios pragmáticos* de Paul Grice (1975) y *la semántica de los condicionales* de Johnson-Laird (Barres y Johnson-Laird, 1997).

Los *principios pragmáticos* guían la conversación para decir lo que es apropiado en cada contexto. Estos principios pueden explicar por qué esperamos que la relación entre el antecedente y el consecuente sea más estrecha que una simple formalidad. No es de extrañar, por tanto, que los antecedentes falsos sean considerados irrelevantes en vez de falsos.

El lenguaje natural es mucho más rico que el lenguaje formal y difícilmente traducible al lenguaje de la lógica. En el lenguaje natural se utiliza frecuentemente la ironía (eres un fiel amigo), la metáfora (eres la guinda en mi pastel), eufemismo (estaba un poco intoxicado), hipérbole (el mosquito era monumental) y otras muchas figuras, intencionadas o no, como, por ejemplo, la ambigüedad calculada de muchos políticos.

Johnson Laird (1997: 36) afirma que las personas parecen utilizar una tabla de verdad que no coincide con la propuesta por la lógica, ya que el lenguaje natural admite tres valores de verdad: verdadero, falso e irrelevante. Este autor lo resume de la siguiente manera:

> El uso del sí en el lenguaje natural es mucho más complejo que el tratamiento lógico de la implicación y la equivalencia. No siempre es verdadero o falso, a veces puede resultar irrelevante, donde la lógica prescribe inferencias válidas o falaces, las implicaciones que el hablante comunica al oyente con un enunciado condicional pueden variar en función del contexto, el intercambio en las reglas de la conversación y los supuestos tácitos que se comparten en un diálogo.

La principal asunción de la teoría es que los individuos razonan tratando de ver las posibilidades compatibles con lo que ellos conocen o creen.

La teoría se basa en tres principios fundamentales: (a) cada modelo representa lo que es común al conjunto de posibilidades; ante la afirmación *está lloviendo o está nevand*o, hay dos modelos mentales para representar cada una de las posibilidades (suponiendo que ambas no puedan ser verdaderas); (b) los modelos mentales son icónicos, es decir, su estructura, en la medida de lo posible, se corresponde con la estructura que representan; (c) los modelos mentales basados en descripciones representan lo que es verdadero a expensas de lo falso, lo que puede conducir a errores previsibles en el razonamiento (Johnson-Laird, 2013).

De acuerdo con los modelos mentales, estos nos ayudan a obtener una conclusión de necesidad, probabilidad o posibilidad, dependiendo de sí una conclusión se aplica en todas, la mayoría, o algunas de las premisas. Muchos de nuestros razonamientos cotidianos son una representación dinámica del mundo y sacamos conclusiones y tomamos decisiones basándonos en estas simulaciones. Según Khemlani y Johnson-Laird (2013a y 2013b), usamos la simulación para crear algoritmos informales para llevar a cabo diferentes tareas.

En esta misma línea de simulación nos encontramos con un fenómeno cotidiano en el juego mental de las posibilidades imaginadas de un hecho. Nos referimos al razonamiento contrafactual. Un razonamiento es factual si razonamos sobre algo que ha sucedido. Un razonamiento es contrafactual si razonamos sobre algo que no ha sucedido pero podría haber sucedido si se cambiase alguna circunstancia.

Se da por sentado, por ejemplo, que ha sucedido la muerte de Abel y que Caín fue el asesino. Pero podemos preguntarnos: si Caín no hubiese existido, ¿habría muerto Abel asesinado?

La tesis fundamental de la estructura contrafactual es que los contrafactuales son generados y evaluados por operaciones simbólicas dentro de un modelo que presenta la creencia de un agente sobre las relaciones funcionales de nuestro mundo. Según Ramsey (1929), un condicional es aceptado si consideramos que el consecuente es verdadero después de añadir (hipotéticamente) un antecedente a nuestro conjunto de creencias y hacer mínimos ajustes para que sea consistente.

En el caso del asesinato de Abel, comenzamos asignando valores de verdad a las variables que son conocidas (o creídas) como verdaderas en la historia. Comenzamos con el común convencimiento de que Abel fue asesinado; si hacemos la hipótesis de que no fue su hermano Caín el que lo asesinó, inferimos que debió ser otro el que lo hizo.

¿Qué habría sucedido si hubiese comprado ese billete de lotería que tuve en la mano y ha salido premiado con el gordo? La realidad existencial es que ese número ha sido premiado. El contrafáctico es suponer que yo lo hubiese comprado. En cualquier condicional, el antecedente describe una realidad que ha sucedido,

mientras que el contrafactual hace referencia a algo que no sucedió pero podría haber sucedido. De esta manera, podemos considerar que el contrafactual es verdadero si el consecuente tiene que ser verdadero, siempre que el antecedente lo sea.

5.3.3. Comprender las series de tres números

Los problemas de series de tres términos contienen dos premisas y una conclusión que tiene que ser validada o inferida a partir de las premisas. Por ejemplo, las premisas son *A está a la izquierda de B y B está a la derecha de C*. La conclusión se extrae de la relación de estas dos premisas entre sí. A partir de aquí establecemos la relación entre A y C.

Lo mismo que se hace en el silogismo clásico, se suprime el término intermedio (B) y se relaciona A con C, siendo A el sujeto y C el predicado.

Los términos se pueden relacionar de dos maneras si nos atenemos a las premisas: A-C-B o bien C-A-B. En ambos casos se cumple la descripción: *A está a la izquierda de B y B está a la derecha de C*. Esta relación, evidentemente, se cumple en posiciones bidimensionales lineales, es decir cuando están alineados en una fila en dos dimensiones. Podemos colocar los términos en tres dimensiones, por ejemplo situándolos en el mismo nivel, pero en círculo. En ese caso veríamos cómo las relaciones entre ellos cambian.

Las posibles relaciones entre tres elementos son muy diversas. Podemos relacionarlos respecto al espacio, el tiempo, la distancia, la magnitud, la orientación, etc., y cada una de estas relaciones tiene una forma diferente de ser procesada.

Existen dos teorías básicas para dar razón del modo en que relacionamos tres elementos: la teoría de los modelos mentales y la teoría de las imágenes mentales. Los modelos mentales, como hemos visto, están estructurados de una manera analógica, son amodales y abstractos, pueden representar relaciones abstractas, sin dependencia de imágenes icónicas; por ejemplo, *Juan es más inteligente que Luis*. Por el contrario, las imágenes mentales sólo se pueden representar de una manera icónica.

Los modelos mentales constan de tres etapas: (a) la reconstrucción de un modelo mental; (b) el análisis del modelo mental; (c) ajuste del modelo mental. En concreto, un modelo mental actúa de la siguiente manera. Primero se analizan las premisas y en base a la información que aportan, se construye un modelo provisional. Esta situación es analizada y se propone una posible solución. Se verifica esta solución y se analiza si es válida en otros modelos que se pueden derivar de las premisas. La conclusión se confirma si no existe incompatibilidad con otros modelos válidos que se puedan derivar de las premisas. Cuando existen varias conclusiones válidas a partir de las premisas, existe una preferencia por una de las

conclusiones que está en consonancia con un modelo mental favorito (Sima, Schultheis y Barkowsky, 2013).

En un estudio llevado a cabo por Goel y Dolan (2001) con RMIf se encontró que en la condición de tener que solucionar un problema con tres términos abstractos, había una activación mayor de la zona parietal del cerebro que con los razonamientos concretos. Estos autores concluyen que los argumentos que pueden ser fácilmente mapeadas en relaciones espaciales explícitas, activan el sistema viso-espacial, sin tener en cuenta si el contenido es abstracto o concreto. En definitiva, las imágenes mentales espaciales, que contienen información sobre la localización, el tamaño o la orientación, se organizan topográficamente y activan de una manera especial el lóbulo parietal.

5.3.4 Problemas con los cuantificadores del lenguaje ordinario

La lógica formal, en el cálculo proposicional, tiene problemas para traducir el lenguaje cotidiano, ya que este posee una enorme riqueza de expresiones. Lo mismo sucede con el cálculo de predicados. En esta dimensión, el problema son los cuantificadores.

La lógica formal solo tiene dos cuantificadores: *todos y algunos* (∀ y ∃). Sin embargo, el lenguaje natural tiene una enorme variedad de cuantificadores, cada uno con un matiz diferente: *todos, casi todos, la mayoría, muchos, bastantes, varios, regular, algunos, pocos, muy pocos, casi ninguno*. También podemos expresar frecuencias de aparición de un evento: *siempre, casi siempre, a menudo, frecuentemente, ocasionalmente, alguna vez, rara vez, nunca*. Los cuantificadores existenciales pueden ser: (a) definidos *(había tres cisnes en el estanque);* (b) indefinidos *(había por lo menos tres cisnes en el estanque);* vagos e imprecisos *(había algunos cisnes en el estanque).*

Para Barwise y Cooper (1981) los cuantificadores estándar de primer orden lógico son inadecuados para tratar las sentencias con cuantificadores del lenguaje natural, ya que la estructura sintáctica del cálculo de predicados es completamente diferente de la estructura sintáctica de las sentencias con cuantificadores del lenguaje natural.

Desde la antigüedad se ha pensado que los cuantificadores eran homogéneos: un cuantificador universal y uno existencial *(todo A es B, algunos A son B).* En el conjunto de los Bs, *todo A es B* significa que el conjunto *A* es un subconjunto de los *Bs*. *Algunos A son B* significa que el conjunto de los *As* y el conjunto de los *Bs* tienen una intersección no vacía.

La tendencia general actual es que los cuantificadores no son homogéneos. Es evidente que *pocos, algunos, la mayoría, casi todos,* etc., no se pueden analizar como parte de un continuo, sino que su interpretación viene dada por el contexto,

y por la intención del que transmite el mensaje. Si una señora está teniendo un comportamiento inadecuado en una reunión, su marido puede excusarla diciendo que ha bebido un *poquito* de whisky. Si es un policía el que hace un informe después de un pequeño accidente de coche, dirá que esta señora estaba de whisky *hasta las cejas*.

Incluso los mismos cuantificadores pueden significar cosas completamente diferentes. Por ejemplo: (1) *había muchos sindicalistas en la manifestación;* (2) *había muchos policías en la manifestación*. Todo el mundo supone que había muchos más sindicalistas que policías en la manifestación.

Algunos estudios han puesto de manifiesto que los cuantificadores se suelen interpretar de acuerdo a los principios de Grice. Otros autores defienden que la interpretación de los cuantificadores se explica mejor a través de la teoría de los modelos mentales.

Otro problema que se plantea en los cuantificadores existenciales es la traducción que se hace de ellos. Cuando decimos: *no todos los cisnes son blancos*, lo podemos traducir por *algunos cisnes no son blancos* y por *algunos cisnes son blancos*. La pregunta fundamental que se hacen Moxey y Sanford (1993) es ¿cuál es el foco de atención de los cuantificadores? ¿En los que no son blancos o en los que son blancos? En el ejemplo anterior, la frase *muchos sindicalistas fueron a la manifestación*, podemos continuarla diciendo que *estaban en contra de la nueva ley presentada al parlamento.* Pero la frase: *algunos sindicalistas no fueron a la manifestación*, podemos continuarla: *porque estaban de acuerdo con la nueva ley presentada al parlamento*.

Por ejemplo, Newstead et al. (1987) demostró que cuando preguntas cuántos se consideran *algunos* en un universo de 10.000 individuos, el número apropiado de cuantificadores se aproxima al tamaño del conjunto y la proporción no es fija si se cambia el tamaño del conjunto. Por la misma razón, cuando decimos: *había muchos policías en la manifestación*, se asocia con un número más pequeño que cuando decimos: *había muchos sindicalistas en la manifestación*, ya que suponemos que el conjunto total de los *policías* es más pequeño que el conjunto de todos los *sindicalistas*. Los cuantificadores existenciales sólo adquieren su significado correcto dentro de su contexto.

5.4. Resumen

La deducción es una de las formas de razonar del ser humano. Su utilidad se distribuye en un continuo que va desde la máxima utilidad cuando se tiene un conocimiento exhaustivo de todas las variables importantes, hasta el desconocimiento absoluto, en el que no es posible hacer deducciones de ninguna manera. En los estadios intermedios, su utilidad dependerá de la accesibilidad que tengamos a los

elementos esenciales para solucionar el problema. La diferencia, por tanto, entre un solucionador perspicaz de un problema y otro vulgar, es la facilidad que tiene el primero para centrarse en los detalles significativos y llegar a una solución correcta.

A los psicólogos nos ha interesado fundamentalmente analizar los errores que comete la gente cuando utiliza la lógica y su aplicación a la deducción. No es de extrañar que la gente sea bastante torpe en la utilización de los aspectos formales, ya que no existe correspondencia entre el lenguaje natural y el lenguaje formal.

Los temas más investigados han versado sobre el uso de la negación, el razonamiento condicional, los problemas involucrados en las series de tres términos, la interpretación de los cuantificadores existenciales y los silogismos.

Los enunciados con negativas son más difíciles de procesar. Una evidencia es que los sujetos tardan más tiempo en procesar una sentencia con negativas. A mayor número de negaciones, mayor es el tiempo que se tarda en comprender el significado de una oración. Sin embargo, algunas negaciones, las que se dan en un contexto plausible, se tarda menos en entenderlas que las afirmativas. La clave está en el tipo de contexto en el que se presentan las sentencias con una o más negaciones.

El problema fundamental de los condicionales *si… entonces* es que los sujetos esperan que la relación existente entre el antecedente y el consecuente no sea puramente formal, sino mucho más estrecha, causal, intencional, una promesa, una advertencia, etc., elementos que no se pueden expresar en el lenguaje formal.

En los problemas de tres términos se estudia fundamentalmente en un único espacio lineal, mientras que en el lenguaje cotidiano podemos utilizar tres dimensiones y emplear adverbios de cantidad, de cualidad, de posición, etc.

La mayor dificultad de la lógica formal es traducir expresiones cuantitativas del lenguaje natural al lenguaje formal. Los cuantificadores tienen matices que no son recogidos por el cuantificador existencial de la lógica. Incluso podemos decir que el lenguaje natural utiliza constantemente cuantificadores implícitos que solo son comprendidos en un contexto determinado. Todos los cuantificadores existenciales tienen una parte del conjunto que pertenece a *A* y otra que pertenece a *B*. Así, en *algunos son diplomáticos*, una parte pertenece al conjunto de los diplomáticos, pero otros no pertenecen a ese conjunto.

6
Razonamiento silogístico

6.1. Introducción

Desde Aristóteles, el ideal de razonamiento ha sido el razonamiento deductivo. El conocimiento se almacena en una gran biblioteca que contiene todos los avances realizados hasta el momento. En esta gran biblioteca se almacenan los tipos de saberes: conocimiento de la naturaleza y utilización de las herramientas mentales y materiales, conocimiento teórico y conocimiento práctico. La labor de cualquier ser humano consiste en saber utilizar perfectamente las herramientas que tiene a su disposición y aplicarlas adecuadamente a los objetos que quiere manipular. Si se me presenta *6+7=,* sé perfectamente que tengo dos objetos y dos operadores, aplico los operadores a los objetos y obtengo un resultado: *13.* El problema fundamental de la ciencia en la Grecia clásica era la utilización de operadores inadecuados a los objetos que querían manipular. Por eso surgió la necesidad de establecer criterios de demarcación para saber qué operadores son adecuados a ciertos datos. En definitiva, lo importante era establecer criterios demarcativos de lo que es legal, válido, y lo que no lo es. Así surgió el silogismo en el mundo especulativo, abstracto. Aristóteles descubrió que entre todas las posibilidades de combinar los diferentes silogismos (256 para Aristóteles, 512 para Johnson-Laird), solo 24 eran correctas.

6.2. ¿Qué son los silogismos?

Básicamente, un silogismo es una serie de tres términos, *A, B* y *C*, en la que hay que conectar A con C a través de B. En un silogismo tenemos dos premisas (que se consideran verdaderas en la filosofía clásica y se condiseran irrelevantes en la filosofía actual). El término medio (que conecta A y C) está repetido en ambas premisas. En la conclusión solo aparecen A y C, el término medio desaparece. En los silogismos clásicos, los términos *A, B, C* son sustituidos por S (sujeto de la

conclusión), M (término medio, que no aparece en la conclusión) y P (predicado de la conclusión).
En este ejemplo podemos ver sus características con claridad:

> Primera premisa: Todos los *hombres* (M) son *mortales* (P).
> Segunda premisa: *Juan* (S) es *hombre* (M).
> Conclusión: *Juan* (S) es *mortal* (P). Como podemos apreciar, el término medio (hombre) ha desaparecido en la conclusión.

6.2.1. Las cuatro figuras del silogismo

El silogismo tiene una estructura básica de tres elementos, uno de los cuales está repetido en la primera y en la segunda premisa para hacer de enlace entre el sujeto y el predicado de la conclusión. Los cuatro elementos: S (sujeto), P (predicado), M (término medio de una premisa) y M (término medio de la otra premisa) se pueden combinar de diversas formas, cuatro en total, tomando como referencia la posición de S, P y M-M (los términos medios).

Si analizamos las diferentes formas de combinar estos elementos (el sujeto, el medio y el predicado), obtenemos cuatro figuras posibles. Para facilitar la tarea podemos fijarnos solo en la posición del término medio (M) para construir estas figuras, aunque podríamos tomar como referencia al S o al P (véase cuadro 6.1).

Cuadro 6.1. Las cuatro figuras del silogismo clásico

M P	P M	M P	P M
S M	S M	M S	M S
S P	S P	S P	S P

6.2.2. Axiomas del silogismo

La pregunta que nos hacemos ahora es: ¿por qué algunos silogismos son válidos y otros no lo son? La respuesta viene ligada a las figuras que se pueden construir a partir de cuatro variables: cantidad (universal o particular) y cualidad (afirmativo, negativo).

Los sujetos y los predicados de cada una de las premisas pueden ser universales afirmativos, universales negativos, particulares afirmativos y particulares negativos. Su representación clásica es: A (universal afirmativo), E (universal negativo), I (particular afirmativo), O (particular negativo).

Todas las posibles combinaciones de las dos premisas y la conclusión, utilizando los cuantificadores, nos dan las figuras del silogismo. Aunque existen muchas más combinaciones, los silogismos que Aristóteles consideraba válidos eran solo los 19 que presentamos el cuadro 6.2.

Cuadro 6.2. Los 19 silogismos que se consideraban válidos en el sistema clásico

Primera figura	AAA	EAE	AII	EIO			Bárbara, Celarent, Darii, Ferio
Segunda figura	EAE	ARR	EIO	AOO			Cesare, Camestres, Festino Baroco
Tercera figura	AAI	IAI	AII	EAO	OAO	EIO	Darapti, Disamis, Datisi, Felapton, Bocardo, Ferison
Cuarta figura	AAI	AEE	IAI	EAO	EIO		Bamalip, Camenes, Dimatis, Fesapo, Fresison

Para que los alumnos memorizasen mejor los silogismos válidos, se propusieron estas palabras que se podían cantar Barbara, Celarent, Darii, etc. Las vocales de cada palabra indicaban si era universal afirmativo, particular negativo, etc. Así, bArbArA representa un silogismo en el que tanto las premisas como la conclusión son universales afirmativas.

Ahora podemos preguntarnos: ¿por qué estos silogismos son válidos y los otros no? La respuesta la dio Aristóteles. Primero demostró que los cuatro silogismos de la primera figura eran válidos y después convirtió el resto de los silogismos a estos primeros. A partir de aquí estableció un principio: *dictum de omni et nullo*. Lo que se puede afirmar de todos los que pertenecen a un conjunto, se puede afirmar de cualquiera que pertenezca a ese conjunto. *Todos los animales son seres vivos, el colibrí es un animal, luego el colibrí es un ser vivo*. Lo que se niega de todos los que pertenecen a un conjunto, se puede negar de cada uno de los que integran ese colectivo. *Ningún profesor es analfabeto, Juan es profesor, luego Juan no es analfabeto*.

Un concepto relacionado con los universales *(dictum de omni et de nullo)* es el de *distribución*. Un término es distribuido si se puede aplicar a todos los integrantes de un conjunto, por ejemplo: *todos los perros* son animales o *ningún perro* tiene el pulgar oponible. En estos dos casos, el sujeto de la proposición (todos o ningún perro) es distribuido porque incluye a todos los miembros que forman el colectivo de los perros. Sin embargo, el predicado (animales o pulgar oponible) no es distribuido, ya que los perros son *algunos* de los animales o *algu-*

nos de los que no tienen el pulgar oponible. En el cuadro 6.3 proponemos, de acuerdo con los cuantificadores, qué sujetos y qué predicados son o no son distribuidos.

Cuadro 6.3. Distribución de los términos del sujeto y del predicado según sus cuantificadores

Tipo de enunciado	*Sujeto*	*Predicado*
Todos los A son (algún) B	Distribuido	No distribuido
Ningún A es (ningún) B	Distribuido	Distribuido
Algún A es (algún) B	No distribuido	No distribuido
Algún A no es (ningún) B	No distribuido	Distribuido

Otro método para estar seguros de si un silogismo es válido o no consiste en analizar si se atiene o no a unas reglas establecidas para determinar la validez de cualquier silogismo. Estas reglas son:

1. Respecto a la cantidad
   - *El término medio debe ser distribuido al menos una vez.*
   - *Ningún término de la conclusión puede ser distribuido si no es distribuido en las premisas.*
2. Respecto a la cualidad
   - *Si ambas premisas son positivas, la conclusión debe ser positiva.*
   - *Si una de las premisas es negativa, la conclusión debe ser negativa.*
   - *Si ambas premisas son negativas, no existe ninguna conclusión que sea válida.*

Si tomamos un silogismo de la primera figura, como el AII (universal positivo, particular positivo y conclusión particular positiva), veremos que es válido porque no contraviene ninguna de las reglas.

> Todos los que tienen el pulgar oponible son homínidos.
> Algunos monos tienen el pulgar oponible.
> Algunos monos son homínidos.

- El término medio es distribuido al menos una vez: *todos los que tienen el pulgar oponible*.

- En la conclusión no hay ningún término distribuido: *algunos monos son homínidos*.
- La conclusión es positiva: *algunos monos son homínidos*.
- No hay ninguna premisa negativa (no se aplican las reglas 4 y 5).

Por tanto, es un silogismo válido.

6.3. Problemas psicológicos en el razonamiento silogístico

En la larga historia del silogismo no se ha dado un estudio tan en profundidad como a partir de mediados del siglo XX. Con la llegada de la Psicología Cognitiva apareció un enorme interés por analizar la forma en que la mente se enfrentaba a la aceptación o el rechazo de las conclusiones.

Durante mucho tiempo, el único interés se centró en la veracidad o mendacidad de las premisas. La premisa mayor, que solía ser universal, era un aserto que todo el mundo aceptaba sin dificultad, ya que era un conocimiento que se consideraba bien establecido por la ciencia o por la experiencia; por ejemplo, *todos los hombres son mortales*. Nadie se atrevería a contradecir este principio que la experiencia constataba como verdadero desde que el hombre es hombre sobre la Tierra. La premisa menor, que solía ser la segunda de las premisas, afirmaba o negaba un hecho más controvertido por ser existencial. Todos los existenciales necesitan ser comprobados para poder aceptarlos. Por ejemplo, *los habitantes de las islas del sur nunca mueren durante la marea alta*. Esta premisa era frecuentemente puesta en entredicho y a la que más objeciones se le hacían.

Si alguien no estaba de acuerdo con alguna de las premisas, simplemente decía: *nego maiorem* (la premisa mayor) o *nego minorem* (la premisa menor). Sin embargo, en los estudios de Psicología Cognitiva, el valor de verdad ha quedado relegado a un segundo plano. Lo que realmente le interesa estudiar a los psicólogos es si los sujetos violan alguna de las reglas del silogismo cuando generan o aceptan una conclusión. Lo puramente formal es ahora el centro de atención de las investigaciones con silogismos. De modo que la veracidad de las premisas o de la conclusión es ahora un obstáculo para generar o validar una conclusión. Ahora veremos algunas de las condiciones en las que los sujetos suelen cometer más errores en la aceptación de la conclusión.

6.3.1. La hipótesis de la atmósfera

Evidentemente, si tenemos que atender sólo a la pura formalidad de un silogismo y a la aplicación de las reglas, entonces el significado, la semántica y la veracidad o la

falsedad, tanto de las premisas como de la conclusión, son un obstáculo. La mente está programada para analizar la semántica de cualquier información verbal que le llegue, no podemos evitarlo. Por tanto, nuestra atención se focalizará en el significado de las premisas, en su lógica interna y en su coherencia con el contexto.

Woodworth y Sell (1935) propusieron que el fenómeno atmósfera influía en el modo en que la gente solucionaba los silogismos. Este fenómeno puede resumirse en dos principios generales:

1. Si una premisa es negativa (E y O) crea una atmósfera negativa y la gente suele aceptar conclusiones negativas.
2. Si una premisa es particular (I u O) crea una atmósfera particular y la gente suele aceptar conclusiones particulares.

En el resto de los casos, el sesgo es hacia lo universal y positivo.

El modelo postula que los participantes rechazan una supuesta conclusión si no encaja en la atmósfera de las premisas.

El aspecto más plausible de la hipótesis de la atmósfera es que los cuantificadores de las premisas pueden ser una pista para los cuantificadores de la conclusión. La versión original de la hipótesis, sin embargo, da cuenta solo de un sesgo y deja mucho que explicar sobre el razonamiento silogístico. Muchas conclusiones deductivamente válidas se adaptan a la hipótesis de la atmósfera. Por ejemplo, una de las reglas para la validez de la conclusión es que si una de las premisas es particular o negativa, la conclusión tiene que ser particular o negativa, por lo que cualquier teoría que quiera explicar inferencias válidas está obligada a enfrentarse con el efecto de la atmósfera. En las conclusiones inválidas, los individuos responden con una conclusión que se adapta a la atmósfera pero, en otros casos, responden correctamente que "no se sigue nada", un fenómeno que queda fuera de la hipótesis de la atmósfera, porque siempre existe alguna conclusión que se adapta a la atmósfera de las premisas. En este caso no se aplica esa hipótesis.

Johnson-Laird y Byrne modifican los cuantificadores y el sentido positivo en negativo con premisas como estas:

> Solo los autores son libreros.
> Solo los libreros son ciclistas.
> ¿Qué conclusión se puede sacar?

La traducción normal sería:

> Todos los libreros son autores.
> Todos los ciclistas son libreros.

Una afirmación con *solo* es equivalente a *para ser* librero hay que ser autor, pero *solo* es semánticamente negativo y sugiere que si no se es A no puede ser B.

Una afirmación del tipo solo los A son B es lógicamente equivalente a todos los B son A, pero *solo* es intrínsecamente negativo y sugiere que las entidades que no son A no son B. En este estudio de Johnson-Laird y Byrne (1989), los resultados mostraron que las premisas con *solo* eran más difíciles de procesar que las premisas equivalentes con *todos*.

Estos autores encontraron que cuando ambas premisas empezaban por *solo*, apenas un 16% de los participantes proponían conclusiones que contenían *solo* y cuando solamente una de las premisas contenía *solo,* apenas el 2% de las conclusiones contenía *solo*. En otros estudios se ha encontrado que es mucho más fácil hacer la inferencia de todos los A son B, a solo los B son A.

6.3.2. El efecto del contenido

Desde el momento que se establece que lo importante del razonamiento silogístico es lo puramente formal, es decir, si una conclusión se deriva válidamente de unas premisas sin tener en cuenta su contenido semántico, lo que antes era coincidente (validez y verdad) se convierte ahora en algo que puede ser discrepante, ya que la verdad puede estar en oposición a la validez. No es de extrañar, por tanto, que los sujetos encuentren una disonancia cognitiva entre lo que es verdadero y lo que es válido, de modo que lo que antes era una ayuda, ahora se convierte en un obstáculo para obtener conclusiones válidas.

El primero que se fijó en este problema fue Wilkins (1929), que publicó un artículo sobre el efecto que tiene cambiar el material sobre la habilidad para hacer razonamientos silogísticos formales. Su punto de partida fue analizar si el razonamiento formal era idéntico si el material utilizado era familiar, simbólico, no familiar (científico o palabras sin sentido) y de situación.

Wilkins encontró que cuando la validez de la conclusión de un silogismo entraba en conflicto con las creencias de los sujetos, su razonamiento se hacía más pobre, empeoraba si se utilizaban palabras familiares y, aún más, si se empleaban palabras sin sentido.

Oakhill, Johnson-Laird y Garnham (1989) examinaron los efectos de las creencias de los sujetos en la inferencia silogística mediante dos experimentos. El primer experimento demostró que las creencias sesgaban las conclusiones espontáneas que sacaban los sujetos por sí mismos. Estos efectos fueron más marcados utilizando premisas indeterminadas (que no aportaban una conclusión válida), que premisas determinadas (que aportaban una conclusión válida). Aquellas conclusiones que eran falsas por definición tuvieron un efecto mayor que las que eran falsas de hecho.

Estos autores presentaron silogismos con una conclusión válida y creíble, válida e increíble, inválida y creíble, e inválida e increíble.

Algunas personas saludables no son vegetarianas.
Todos los atletas son vegetarianos.
Algunas personas saludables no son atletas. (Conclusión válida y creíble)

Algunos atletas no son vegetarianos.
Toda la gente saludable es vegetariana.
Algunos de los atletas no son gente saludable. (Conclusión válida e increíble)

Algunas mujeres no son guapas.
Todas las mujeres guapas son actrices.
Algunas de las mujeres no son actrices. (Conclusión inválida y creíble)

Algunas de las actrices no son guapas.
Toda la gente guapa es mujer.
Algunas actrices no son mujeres. (Conclusión inválida e increíble)

La mayoría de las conclusiones erróneas (88%) eran creíbles. El único error en una conclusión increíble ocurrió en determinadas premisas cuando la respuesta correcta era, de hecho, increíble.

Se han propuesto tres teorías explicativas del fenómeno del sesgo de las creencias:

- La interpretación y representación de las premisas puede ser distorsionada *(escrutinio selectivo)*.
- Las creencias pueden influir directamente en el proceso de razonamiento *(modelos mentales)*.
- Las creencias pueden sesgar el estadio de respuesta; en este estadio, el resultado del proceso de razonamiento se mapea antes de dar una respuesta *(modelo de la necesidad mal interpretada)*.

El modelo del *escrutinio selectivo* (Evans, Barston y Pollard, 1983) establece que el efecto de la creencia ocurre antes que el razonamiento lógico. Los sujetos comienzan evaluando la credibilidad de la conclusión. Una conclusión creíble es aceptada, mientras que una increíble provoca una investigación lógica para ver si la conclusión se sigue de las premisas.

La teoría de los *modelos mentales* (Oakhill, Johnson-Laird y Garnham, 1989) establece la decisión en la etapa de razonamiento. Como en el modelo anterior, hay menor análisis cuando la conclusión es creíble que cuando no lo es. Pero en

este caso, los sujetos construyen un modelo de las premisas y analizan si la conclusión es consistente con el modelo o no. Las conclusiones inconsistentes se rechazan y las consistentes se aceptan si son creíbles. Las conclusiones increíbles fuerzan una búsqueda de modelos alternativos, que es lo más característico de este modelo. No existe interacción entre las creencias y el análisis lógico porque el modelo que se construye es suficiente para determinar si la conclusión es correcta. En el caso de que varias conclusiones sean posibles, se deben construir tantos modelos como conclusiones haya. Entonces sí se da interacción entre las creencias y la lógica.

El modelo de *la necesidad mal interpretada* (Evans, 1989) distingue entre silogismos inválidos determinados e indeterminados. Para los silogismos inválidos indeterminados, la conclusión no viene de las premisas. Por ejemplo, en el silogismo: *Todos los A son B. Todos los B son C. Luego, algunos C no son A*. Por el contrario, si las premisas falsifican la conclusión, se llama determinado (por las premisas), por ejemplo en el silogismo: *Todos los A son B. Todos los B son C. Luego algunos A no son C.*

La necesidad mal interpretada postula que los sujetos no entienden la propiedad de que la conclusión no se sigue de las premisas, sobre todo cuando el silogismo es inválido e indeterminado. En este modelo tampoco interactúan la racionalidad y la lógica porque no afectan al estadio de razonamiento.

Las creencias solo actúan si el proceso racional no obtiene una respuesta definida. Así, las creencias actúan como una clave no lógica para seleccionar una respuesta satisfactoria.

Algunos estudios recientes han propuesto el proceso dual (pensamiento rápido, pensamiento lento) para explicar el efecto de sesgo que tienen las creencias cuando las conclusiones son incongruentes con las creencias acerca del mundo. Se supone que la búsqueda de congruencia entre la conclusión y las creencias se debe al sistema automático heurístico y que el sistema basado en la lógica responde a las demandas del sistema analítico. Takeo Tsujii y Shigeru Watanabe (2009) han estudiado, mediante un espectroscopio infrarrojo, la relación entre el efecto de la doble tarea y la actividad en el córtex frontal inferior durante la tarea de razonar bajo la influencia del sesgo de creencia. El estudio mostró que existía una bajada de la actividad de esta zona solo cuando las conclusiones eran incongruentes con las creencias del individuo. Estos resultados parecen indicar que el córtex frontal inferior puede ser el responsable del conflicto entre el razonamiento y las creencias. En este caso predomina el sistema heurístico automático, que favorece las respuestas que están de acuerdo con las creencias. La impresión general es que los sujetos suelen utilizar el sistema 1 (heurístico) cuando el tiempo es limitado y hay que responder rápidamente. En esa situación no tomamos el largo camino del análisis lógico, sino el más corto de confrontar la conclusión con nuestra visión del mundo.

6.4. Teorías sobre los silogismos

Khemlani y Johnson-Laird (2012) han recogido las doce teorías más representativas en torno al silogismo y la forma en que los sujetos intentan llegar a una solución satisfactoria.

Estas teorías se pueden agrupar en torno a tres familias: las teorías basadas en heurísticos, las teorías basadas en reglas formales de inferencia y las teorías basadas en modelos o en un conjunto de diagramas teóricos.

Entre las teorías basadas en heurísticos podemos destacar:

- La hipótesis de la atmósfera que ya hemos comentado anteriormente (Woodworth y Sells, 1936; Begg y Denny, 1969).
- La hipótesis del emparejamiento *(Matching Hypothesis)* (Wetherick y Gilhooly, 1990).
- La hipótesis de la conversión ilícita (Chapman y Chapman, 1959; Revlis, 1975).
- La hipótesis del heurístico de la probabilidad (Chater y Oaksford, 1999).

Entre las teorías basadas en reglas formales podemos señalar:

- El modelo PsyCop (Rips, 1994).
- El modelo de las sustituciones verbales (Storring de 1908, Ford, 1995).
- La teoría asentada en las fuentes *(Source-founding theory)* (Stenning y Yule, 1997; Stenning y Cox, 2006).
- La teoría de la monotonicidad (Geurts, 2003; Politzer, 2007).

Las teorías basadas en diagramas, conjuntos o modelos son las siguientes:

- Los círculos de Euler (Erickson, 1974; Guyote y Sternberg, 1981, Ford, 1995).
- Los diagramas de Venn (Newell, 1981).
- La teoría asentada en las fuentes *(Source-founding theory)* (Stenning y Yule, 1997; Stenning y Cox, 2006).
- Los modelos verbales (Polk y Newell, 1995).
- Los modelos mentales (Johnson-Laird y Steedman, 1978; Bucciarelli y Johnson-Laird, 1999).

En este capítulo sólo vamos a comentar la teoría de los modelos mentales.

6.4.1. La teoría de los modelos mentales

Aunque todos los modelos señalados ofrecen aportaciones interesantes para comprender mejor la forma que tienen los sujetos de enfrentarse a problemas difíciles

en forma de silogismo, ninguno de ellos ofrece una explicación completa a todos los fenómenos analizados. Por ello, Johnson-Laird y Khemlani expresan la necesidad de construir una teoría unificada que integre los modelos heurísticos, los deliberativos y los basados en inferencias.

Un modelo mental es como una representación gráfica que captura las relaciones estructurales y funcionales entre las distintas partes de un sistema. No es sólo una imagen mental, ya que el modelo tiene partes móviles y ajustables y se puede acomodar para hacer inferencias causales o de otro tipo.

Los modelos mentales suponen que los sujetos tienen una competencia innata del conocimiento sobre el significado de los términos lógicos y del lenguaje común y utilizan este conocimiento para crear, estructurar y buscar escenarios alternativos. La representación mental es isomórfica con la realidad, de modo que las proposiciones tienen los mismos operadores y los mismos objetos que los modelos mentales. Todo es posible si el razonamiento deductivo es un proceso que requiere manipulaciones espaciales para encontrar una solución satisfactoria. Esta teoría debería abarcar:

— La interpretación y la representación mental de afirmaciones monádicas, incluyendo las premisas del silogismo.
— Lo que procesa el cerebro y cómo lleva a cabo todas las tareas de inferencia.
— La inferencia y la dificultad de pasar de una inferencia a otra, y los errores más comunes.
— Cómo afecta el contenido al procesamiento de las premisas.
— Cómo ha evolucionado la habilidad para razonar con aserciones monádicas.
— Las diferencias en el procesamiento de las personas, que son adecuadas para reflejar la capacidad de la memoria de trabajo y procesar la información, la experiencia en tareas de razonamiento deductivo y motivación.

Los modelos mentales representan posibilidades lógicas, pero el modelo teórico añade propuestas psicológicas sobre cómo la gente construye y razona con este modelo (Johson-Laird y Byrne, 2002).

Los modelos mentales son fieles a algunos principios básicos:

1. *Principio de la verdad*. Un modelo mental representa una verdad posible, y supone una cláusula en las premisas solo cuando la cláusula tiene la posibilidad de ser verdadera.
2. *Principio de variación estratégica*. Cuando se presenta un tipo de problema, los sujetos desarrollan una variedad de estrategias después de explorar las manipulaciones del modelo (Bucciarelli y Johnson-Laird, 1999).

3. *Principio de las posibilidades.* Cada modelo mental representa una posibilidad.
4. *Principio de equiprobabilidad.* Se supone que cada modelo mental es equiprobable, a menos que haya razones para pensar lo contrario.
5. *Principio del subconjunto.* Dada una partición completa, los sujetos infieren la probabilidad condicionada P(A/B) examinando el subconjunto de B que es A y analizando su probabilidad.
6. *Principio de modulación.* El significado de una clausula, contextual o de conocimiento general, que liga dos premisas, puede modular el modelo. En caso de inconsistencia, normalmente el significado es prevalente.

6.5. Representaciones gráficas del silogismo

Las relaciones existentes entre tres términos se pueden representar de una manera gráfica a través de círculos, cuadrados o cualquier otra figura cerrada. Dentro de la lógica y la matemática han tenido una aceptación universal tanto los círculos de Euler como los diagramas de Venn. Los círculos de Euler son aptos para representar una sola premisa; por ejemplo: *todos los hombres son mortales.* Mientras que los círculos de Venn pueden representar dos premisas enlazadas; por ejemplo: *todos los hombres son mortales, Juan es hombre.*

6.5.1. Los círculos de Euler

Los círculos de Euler solo son útiles para relacionar dos proposiciones que tienen cuantificadores universales o particulares. Como el silogismo tiene tres términos, sujeto, predicado y medio, no puede ser representado adecuadamente con los círculos de Euler. Cada premisa se representa mediante diferentes diagramas. Por ejemplo, *algunos hombres* (A) *son ancianos* (B), se puede representar mediante cuatro diagramas:

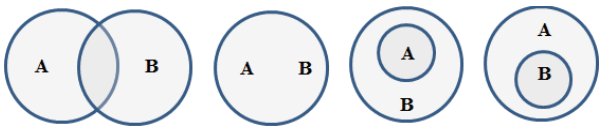


Figura 6.1. Representación de *algunos A son B* mediante círculos de Euler.

Sin embargo, se puede utilizar más de un diagrama y combinarlos en series más largas.

La utilización de los círculos de Euler para solucionar silogismos es bastante complicada, ya que el proceso lleva demasiados pasos para mantenerlos todos en la memoria de trabajo. Los pasos fundamentales que hay que tener en cuenta son los siguientes: (a) representación de cada premisa y de la conclusión; (b) dibujar cada premisa en todas las formas posibles *(algunos A son B* tiene cuatro posibles representaciones); (c) hay que combinar todas las representaciones de la premisa 1 con las representaciones de la premisa 2; (d) la conclusión es válida si existe alguna combinación posible entre la representación de la premisa 1 y la premisa 2, en caso contrario será inválida.

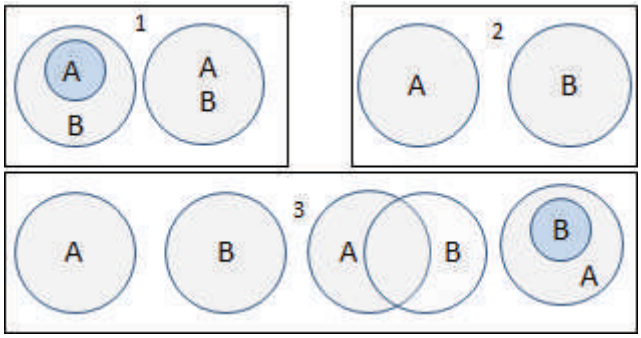


Figura 6.2. Representación mediante círculos de Euler de: *Todos los A son B* (1); *Ningún A es B* (2); *Algunos A no son B* (3).

6.5.2. Los diagramas de Venn

Con los diagramas de Ven se pueden representar los tres miembros del silogismo en una sola figura, lo que facilita la visión de conjunto.

Los diagramas de Venn se representan dentro de una caja que hace referencia al universo al que pertenecen. Por ejemplo, el universo de los hombres, de los seres vivos o de los pintores.

En la figura 6.3, la relación de A y B es que no tienen nada en común, nadie que pertenezca al universo de los A pertenece al mismo tiempo al universo de los B. El área de intersección entre los círculos (en color más oscuro) está vacía. En la premisa: *Algunos B son C*, el área de intersección entre B y C (en un color más claro) comparte algunos miembros que pertenecen al mismo tiempo al universo

de los B y al de los C (por ejemplo, algunas mujeres son rubias). Algunos sujetos pertenecen al universo de los humanos y al universo de los rubios.

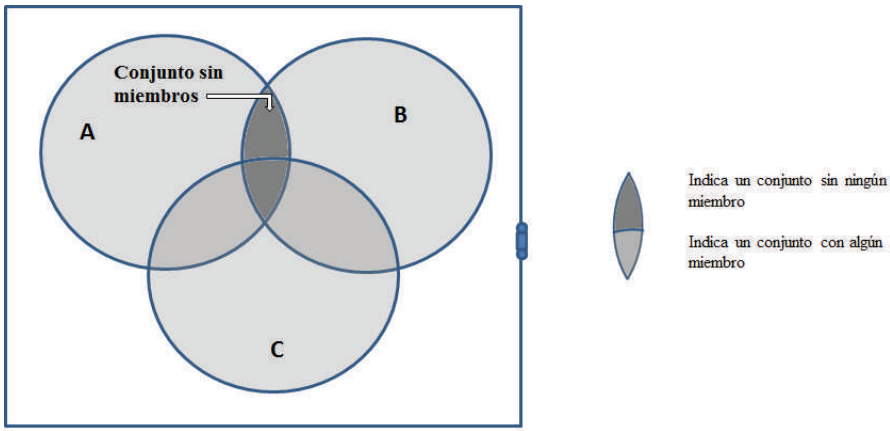


Figura 6.3. Representación por diagramas de Venn de:
Ningún A es B, algunos B son C.

Puesto que los diagramas son representados en dos dimensiones, no en tres, tienen las limitaciones propias de este tipo de representación. Una de ellas es no poder representar más de tres conjuntos.

Aunque algunos autores han utilizado tanto los diagramas de Venn como los círculos de Euler como base para construir modelos de representación silogísticas, nosotros pensamos que son simplemente instrumentos que pueden ser útiles en algunas circunstancias, pero no en otras. Además, es muy probable que gran parte de la población ignore su existencia, de modo que no es factible que utilicen estos instrumentos a la hora de solucionar problemas basados en el razonamiento silogístico.

6.6. Resumen

En este capítulo hemos analizado el método más importante de la deducción, el silogismo. Los silogismos tienen tres términos, dos de ellos están conectados por el tercero, denominado término medio. El término medio no aparece en la conclusión, sólo es un conector. La primera premisa suele denominarse *mayor* y la segunda, *menor*.

Los silogismos se pueden organizar en torno a cuatro figuras que dependen del lugar que ocupa el término medio en las premisas. De todas las posibles combinaciones del sujeto, término medio y predicado, solo son válidos 24, según Aristóteles. Él demostró que si cuatro silogismos eran verdaderos, también eran verdaderos todos aquellos que pudieran reducirse a los primeros. Los lógicos han demostrado la validez de estos silogismos empleando el método axiomático.

Las investigaciones psicológicas sobre el razonamiento silogístico han encontrado algunos sesgos extralógicos que la gente suele aplicar a la resolución de los silogismos. Para la aceptación de la conclusión puede influir poderosamente: el contenido (si concuerda o no con nuestras creencias) y la atmósfera (premisas particulares, conclusión particular; premisas negativas, conclusión negativa).

Para explicar los errores que se producen en la validación de la conclusión del silogismo se han desarrollado gran cantidad de modelos. Uno de los que más aceptación ha tenido son los modelos mentales de Johnson-Laird y Byrne.

Dos instrumentos poderosos para visualizar la relación entre predicados y entre proposiciones son los círculos de Euler y los diagramas de Venn. Aunque tienen ciertas limitaciones, son bastante útiles. Algunos autores han propuesto que todos los sujetos utilizan estos diagramas para llegar a una conclusión válida.

PARTE III
A la luz de la razón

En nuestra vida cotidiana tenemos que tomar muchas decisiones. Algunas son realmente importantes porque nos jugamos mucho, incluso nuestra propia vida. En esos casos nos gustaría saber qué posibilidades tenemos de alcanzar el éxito o si fracasaremos.

Nunca podremos estar seguros de acertar en nuestras elecciones, ni de calcular el riesgo que corremos, dado que nuestro mundo es muy peligroso y las expectativas ante el futuro están veladas por una niebla muy espesa. En estos casos podemos actuar dejándonos llevar de nuestro instinto o siguiendo reglas y axiomas establecidos científicamente, que nos ayudarán a minimizar riesgos y a optimizar nuestros beneficios.

Comprender las reglas y descifrar los problemas para su mejor solución es otro de los métodos que tenemos a nuestro alcance. Sabemos cómo obtener fuego, comida, ropa, transporte, etc., pero existen otros problemas que debemos solucionar y están más allá de nuestras posibilidades actuales, como por ejemplo, curar la

malaria. En estos casos, la psicología científica nos aporta algunas reglas y estrategias para enfrentar los problemas con más éxito.

Para solucionar problemas complejos a los que se les puede aplicar una tecnología conocida o un algoritmo, los sujetos invierten una gran cantidad de su tiempo (al menos diez años), de modo que con el tiempo se convierten en expertos. Las personas creativas son las que se salen de los cauces establecidos y buscan y encuentran soluciones geniales que tienen gran aceptación social y son realmente útiles o agradables para la población.

Otra forma de solucionar los problemas es el razonamiento informal o típico de la vida ordinaria. Podemos encontrarnos con personas que no tienen una educación especial y, sin embargo, son tremendamente hábiles para solucionar de una manera correcta los problemas que surgen en el día a día. Este apartado lo dedicamos a estudiar la forma de enfrentar la realidad y sus problemas con la ayuda de instrumentos y saberes que nos den algo de luz en el tenebroso mundo en el que nos movemos. Estudiaremos la toma de decisiones, la solución de problemas, intentaremos llegar a ser expertos en un dominio determinado y a ser creativos en la medida de nuestras posibilidades. En todo caso, haremos el esfuerzo de enfrentar de una manera ingeniosa nuestro vivir día a día.

7
La toma de decisiones

7.1. Introducción

En nuestra vida cotidiana todos tenemos que tomar decisiones constantemente, desde que nos levantamos hasta que nos acostamos. Tenemos que elegir entre la ropa que nos vamos a poner, lo que vamos a desayunar, el medio de locomoción para ir al trabajo, etc. Existen decisiones que no entrañan riesgo aparente, como la selección del color de la corbata o la ropa que vamos a ponernos, y a las que apenas les dedicamos unos segundos antes de decidirnos. Otras decisiones tienen que ser maduradas y pensadas con mucho cuidado, como la inversión de una gran cantidad de dinero en una empresa o la elección de nuestra pareja para toda la vida.

En la toma de decisiones entran en juego muchas variables a tener en cuenta, unas son de tipo objetivo, como el riesgo y la incertidumbre, otras de tipo subjetivo, como los gustos, preferencias, creencias o deseos del sujeto. Una toma de decisiones con *riesgo* significa que aunque podemos conocer todas las probabilidades de los resultados de nuestra decisión, sin embargo, no podemos predecir el resultado final. Un ejemplo lo tenemos en el lanzamiento de una moneda al aire. Sabemos que solo hay dos probabilidades: que salga cara o que salga cruz. La incertidumbre hace relación al desconocimiento que tenemos de las probabilidades de los resultados. Cuando invertimos en bolsa nunca sabemos las probabilidades reales que tenemos de ganar o perder dinero. En la toma de decisiones bajo incertidumbre tenemos un abanico de probabilidades desconocidas y cada uno de los resultados cuenta con una amplia gama de posibilidades.

Como este es un libro en el que intentamos ayudar a la gente a tomar decisiones racionales, aportamos los conocimientos científicos que nos ayuden a minimizar los riesgos y la incertidumbre, ya que la meta de cualquiera de nuestras decisiones es conseguir el máximo de utilidad. En otras palabras, lo que nos importa decisivamente es minimizar las pérdidas y maximizar las ganancias.

7.2. Teorías sobre la toma de decisiones

Siempre que se propone una teoría es para intentar exponer y unificar una serie de investigaciones llevadas a cabo. Las teorías pretenden organizar el conocimiento de una forma coherente y hacer predicciones sobre el comportamiento futuro. En este sentido, las teorías sobre la toma de decisiones tienen como base comportamientos ideales, racionales, normativos. Es decir, proponen líneas de acción para optimizar los recursos, minimizar las pérdidas y maximizar las ganancias. Estas teorías podríamos denominarlas *normativas*.

Cuadro 7.1. Conjunto de atributos frecuentemente asociados con la teoría dual y los procesos duales

Tipo 1 Procesos (intuitivos)	*Tipo 2 Procesos (reflexivos)*
CARACTERÍSTICAS	
No requiere de la memoria de trabajo Autónomo	Requiere de la memoria de trabajo. Disociación cognoscitiva; simulación mental
CORRELATOS TÍPICOS	
Rápido	Lento
En paralelo	En serie
Alta capacidad	Capacidad limitada
No consciente	Consciente
Respuestas desviadas	Respuestas normativas
Contextualizado	Abstracto
Automático	Controlado
Asociativo	Basado en reglas
Decisión basada en la experiencia	Decisión basada en consecuencias
Independiente de la habilidad cognitiva	Relacionado con la habilidad cognitiva
Sistema 1 (mente antigua)	Sistema 2 (mente nueva)
Evolutivamente anterior	Evolutivamente posterior
Parecido a la cognición animal	Distintivamente humana
Conocimiento implícito	Conocimiento explícito
Emociones básicas	Emociones complejas

Otras teorías se limitan a describir el comportamiento real de los individuos en la toma de decisiones y analizan los errores más frecuentes que cometemos cuando presentamos nuestras preferencias subjetivas. Estas teorías se denominan *descriptivas*. Existen otras teorías que están en la base conceptual o filosófica respecto a cómo funciona nuestra mente. La más conocida es la concepción dual de la mente. Stanovich (1999) utilizó los términos genéricos *sistema* 1 y *sistema* 2 para etiquetar los dos distintos conjuntos de propiedades de la mente. Las características de ambos sistemas son las que exponemos en el cuadro 7.1.

En primer lugar presentaremos las teorías normativas y en un segundo lugar, las descriptivas.

7.2.1. Teoría de la utilidad subjetiva esperada (USE)

El estudio de la utilidad comenzó en 1944 con la introducción del riesgo en *Theory of Games and Economic Behavior*, de von Neumann y Morgenstern. Estos autores señalaron que el supuesto general es que el hombre económico siempre puede decidir entre un estado y otro, o es indiferente ante ellos. Sin embargo, el hombre económico puede ordenar la probabilidad de las combinaciones de los estados. Así, supongamos que un hombre económico es indiferente entre la certeza de conseguir 5 € y un 50% de probabilidad de ganar 10 € o nada. Podemos suponer que su indiferencia ante estas dos perspectivas significa que tienen la misma utilidad para él.

En una segunda edición del mencionado libro (1947), el objetivo fundamental fue analizar matemáticamente un tipo de problemas que podríamos llamar problemas de estrategia. Consideremos la posibilidad de un juego de tres en raya. Se sabe qué movimientos puede hacer el oponente, pero no cuál va a elegir. Lo único cierto es que su movimiento estará dirigido a aumentar sus posibilidades de ganar y reducir las de su contrincante. Así, la situación es de incertidumbre, no de riesgo.

En particular, la teoría de juegos puede ser útil en el análisis de la estrategia adecuada en los juegos con elementos aleatorios, como las cartas o el lanzamiento de dados. Cabe señalar que el concepto de juego es extremadamente general.

Sabemos que dada la existencia de preferencias de probabilidad, el método de von Neumann-Morgenstern para medir la utilidad no es correcto, puesto que las diferentes opciones entre apuestas estarán determinadas no sólo por las cantidades de dinero, sino también por las preferencias de los sujetos sobre las probabilidades involucradas (Edwards, 1954).

La teoría de la Utilidad Subjetiva Esperada (USE) comienza con los trabajos de Savage (1954). El punto fundamental de esta teoría es que el sujeto puede construir las probabilidades a partir de sus preferencias y así, tanto las probabili-

dades como las utilidades, son subjetivas. Una utilidad subjetiva es el valor que un sujeto otorga a un objeto determinado. La probabilidad subjetiva es el porcentaje que le asigna el sujeto a la ocurrencia de un suceso. Supongamos que tenemos ante nosotros dos posibilidades: ir al teatro o ir al cine. La probabilidad de conseguir una entrada para el teatro es de 40, la probabilidad de conseguir una entrada para el cine es de 60. Me gusta más el teatro que el cine en proporción de 80 a 40. Si multiplicamos las probabilidades por la utilidad tenemos: teatro: 40 x x 80 = 3200; cine: 60 x 40 = 2400. Por tanto, intentaré sacar una entrada para el teatro.

Ya sabemos que estas teorías son prescriptivas, por tanto, existen ciertos axiomas, propuestos por von Neuman y Morgenstern (1947), a los que deberíamos atenernos para que nuestras decisiones sean lo más acertadas posibles. Estos axiomas se pueden formular de la siguiente manera:

1. *Preferencia*. Si tenemos que elegir entre A y B, y A se prefiere a B, deberíamos mantener esta preferencia en cualquier situación.
2. *Transitividad*. Si preferimos A a B y B a C, deberíamos preferir A a C.
3. *Indiferencia*. Si nos es indiferente A o B, nos debería ser indiferente cualquier combinación que tenga como resultado A o B.
4. *Principio de la cosa segura*. Si preferimos A a B, cuando hay dos caminos que conducen uno a A y el otro a B, deberíamos elegir el camino que conduce a A.
5. *No hay ninguna alternativa que sea infinitamente mejor que otra*. Si preferimos A a B y B a C, es posible alguna combinación probabilística de A y C que haga que sea indiferente elegir entre esa combinación y C.

Estos principios parecen razonables intuitivamente. Sin embargo, algunas personas no están de acuerdo con el principio (5) cuando está en juego su vida o algún valor parecido. Por ejemplo, cada día vemos a muchas personas que se saltan un semáforo en rojo porque no quieren llegar tarde al trabajo o desean llegar antes de que cierre un establecimiento en el que hay una oferta con un producto al 50% de su valor ordinario.

En principio, si cumplimos los axiomas tenemos un fundamento para maximizar la Utilidad Esperada o la Utilidad Subjetiva Esperada.

7.2.2 Teoría de la utilidad multiatributiva (TUMA)

Cuando tenemos que elegir cualquier objeto o sucesión de eventos para conseguir una meta, nos damos cuenta de que los objetos y las secuencias de eventos tienen valores diferentes; por tanto, no pueden considerarse en conjunto, sino que hay que

segregarlos en sus distintos componentes. Por ejemplo, cuando queremos comprar un coche nuevo, tenemos que analizar los distintos componentes como unidades separadas, ya que cada una de ellas tiene una utilidad subjetiva para nosotros: habitabilidad, comodidad, espacio, seguridad, estética, potencia del motor, tipo de frenos, maletero, consumo, precio, número de airbags, etc. Hay personas que le otorgan un valor muy alto a la capacidad del maletero, mientras que otras buscan, ante todo, la estética o la potencia.

La teoría de la utilidad multiatributiva (Keeney Raiffa, 1976) extiende el concepto de utilidad a situaciones en las que el resultado es mejor si tenemos en cuenta múltiples variables. Las funciones de utilidad multiatributo son valoraciones directas de las medidas del objeto. TUMA es la suma ponderada lineal de un conjunto de funciones de utilidad de cada atributo. La utilidad puede representarse como un conjunto jerárquico de funciones (véase cuadro 7.2).

Cuadro 7.2. Evaluación multiatributo de dos modelos de coches (BMW y Mercedes) semejantes en el precio

CARACTERÍSTICAS	*BMW*	*MERCEDES*
Tipo de combustible	8	7
Consumo urbano/ carretera/ mixto	6	5
Cilindrada	7	7,5
Potencia	6	7
Velocidad máxima	7	8
Aceleración 0-100 km/h	9	7
Capacidad del maletero	8	7
Precio	6	5
Habitabilidad	7	8
Conducción	8	9
MEDIA	7,2	7,5

La teoría de la decisión nos proporciona un marco racional para elegir entre cursos alternativos de acción cuando las consecuencias resultantes de esta opción no son bien conocidas. La teoría de la decisión se centra en la identificación de la "mejor" opción.

Aunque la noción de "mejor" tiene diversos significados, el más común es que maximiza la utilidad esperada en la toma de decisiones. Esta teoría proporciona una potente herramienta para analizar situaciones en las que un agente debe tomar decisiones en un entorno impredecible (Albores, 2013).

La teoría de la utilidad multiatributiva se puede utilizar con problemas que involucran un conjunto finito y discreto de alternativas que se tienen que evaluar según las preferencias individuales. Generalmente, estos atributos se suelen medir con diferentes escalas. El proceso para aplicar este modelo sigue los siguientes pasos:

1. Identificar los atributos que queremos evaluar.
2. Asignar pesos de utilidad que van de 0 a 10.
3. Sumar el peso de todos los atributos.
4. Elegir la opción con el valor más alto (véase el cuadro 7.2).

Las utilidades de los distintos atributos deben medirse con escalas comparables para poder establecer los pesos relativos de los diferentes atributos. Dado que los atributos son independientes, podemos establecer la correspondencia entre pares de atributos, por ejemplo, entre habitabilidad o consumo cada 100 kilómetros.

7.3. La psicología y la toma de decisiones

Cuando el matemático John von Neumann y el economista Oskar Morgenstern propusieron su teoría de la elección racional a partir de unos pocos axiomas, los economistas utilizaron esta teoría como una normativa respecto a cómo debían tomarse las decisiones para optimizar resultados.

Por otra parte, la teoría de la selección multiatributiva la vemos plasmada de forma rutinaria en multitud de aplicaciones. Existen comparadores de seguros, comparadores de coches, de ordenadores, de viviendas, etc. Todos estos comparadores proporcionan una valoración objetiva de los componentes fundamentales de los objetos que analizan.

La pregunta que se proponen los psicólogos es: ¿realmente la gente sigue los axiomas que podrían garantizarle una buena elección? La respuesta es no. Existen muchas ocasiones en las que la gente no es consecuente con las probabilidades objetivas y se deja llevar por el sentimiento de asegurar una ganancia.

7.3.1. Transitividad de preferencias

Uno de los axiomas que a primera vista parece lógico es el de la transitividad de preferencias. En la lógica formal, si se nos presenta la siguiente fórmula: A>B>C y se nos pregunta la relación de A con C, diremos que A es mayor que C, aplicando el principio de transitividad. En economía, se supone que las personas tienen una je-

rarquía de valores bien estructurada y que las preferencias están bien establecidas. La Utilidad Subjetiva Esperada no cambia de un día para otro, sino que las personas piensan que más dinero es preferible a menos dinero en cualquier circunstancia. Por tanto, 1000 € es preferible a 500 € y esta cantidad es preferible a 100 €. Si aplicamos el axioma de la transitividad, todos estarán de acuerdo en que 1000 € es preferible a 100 €.

En 1969, Tversky publicó un artículo, *"Intransitivity of preferences",* en el que mostró cómo la gente no aplica la transitividad en una serie de tareas, en especial cuando escogen entre juegos en los que interviene el riesgo (véase el cuadro 7.3).

Cuadro 7.3. Apuestas usadas por Tversky (1969)

	Probabilidad de la apuesta	*(p) Precio*	*(x) Valor esperado*
A	.29	5.00	1.46
B	.33	4.75	1.58
C	.38	4.50	1.69
D	.42	4.25	1.77
E	.46	4.00	1.83

Como puede apreciarse, la probabilidad y el valor esperado son ascendentes, mientras que el precio es descendente. En este ejemplo, aunque la gente prefería el primer miembro en los emparejamientos AB, BC, CD, DE, en la comparación AE, prefirió sistemáticamente E a A. La explicación que da Tversky es que la gente tiende a infravalorar las pequeñas diferencias y a darle importancia cuando estas se hacen mayores.

Recientemente (Birnbaum, 2007), los participantes hicieron las mismas operaciones estudiadas por Tversky y se constató que muy poca gente repetía patrones intransitivos.

7.3.2. Violación de la invarianza

El principio de invarianza postula que las preferencias no deben modificarse y se deben mantener independientemente del procedimiento utilizado. Si alguien prefiere A a B, seguirá prefiriendo A independientemente del orden de presentación (A o B, B o A).

Uno de los temas principales que ha surgido de la investigación del comportamiento para tomar decisiones durante las últimas dos décadas, es la opinión de

que las preferencias de la gente a menudo se construyen en el proceso de la toma de decisiones. Este concepto se deriva en parte de estudios que demuestran que métodos equivalentes de elección a menudo dan lugar a diferentes respuestas. Estas "reversiones de preferencia" violan el principio de invarianza, que es fundamental para las teorías de elección racional y plantean preguntas difíciles sobre la naturaleza de los valores humanos.

Para Tversky y Kahneman, los principios que gobiernan la evaluación de las probabilidades de ganancias producen cambios predecibles de preferencia cuando se presenta el mismo problema de diferentes formas.

La violación de las preferencias se produce fundamentalmente en dos tipos de tareas: a) según el modo de presentación (framing); b) preferencias invertidas, cuando los sujetos se centran en una característica relevante sin tener en cuenta las demás.

El *framing* se produce cuando el mismo problema se plantea de dos formas diferentes. Tversky y Kahneman proponen el siguiente ejemplo: imagine que USA se enfrenta a una inusual enfermedad asiática que se espera mate a 600 personas. Se han propuesto dos programas alternativos para combatir la enfermedad. Si se adopta el programa A, 200 personas se podrán salvar. Si se adopta el programa B, hay 1/3 de probabilidades de que 600 personas se puedan salvar y 2/3 de que ninguna persona se salve. ¿Cuál de los dos programas elegiría?

La mayoría de la gente eligió salvar 200 personas, ya que este programa es más atractivo que tener un tercio de posibilidades de salvar a 600. Sin embargo, en los dos casos estamos proponiendo lo mismo: 200 personas se salvan (es igual que 1/3 de 600), 400 personas mueren (es igual a 2/3 de 600).

En el segundo problema que plantean estos autores nos encontramos con dos programas alternativos a los ya propuestos para la enfermedad.

Si se adopta el programa C, morirán 400 personas de forma segura. Si se adopta el programa D, hay 1/3 de probabilidades de que ninguno muera y 2/3 de que mueran todos. ¿Qué programa le parece mejor? La mayoría eligió el programa D. La muerte segura de 400 personas es menos aceptable que la probabilidad de que mueran 2/3 de 600.

Las explicaciones que ofrecen estos autores es que en las elecciones que conllevan ganancias hay aversión al riesgo y en las que conllevan pérdidas hay preferencia por el riesgo.

Relacionado con la presentación, tenemos *el efecto del modo de respuesta*. Sarah Lichttenstein y Paul Slovic, en el resumen de su trabajo, afirman que los sujetos eligieron su apuesta de un par de ofertas y, más tarde, recibieron una oferta para cada apuesta por separado. En cada par, una apuesta tenía una mayor probabilidad de ganar (P apuesta); la otra ofrecía más ganancias ($ apuesta). Los resultados mostraron que cuando se eligió la apuesta P, la $ recibió a menudo una apuesta más alta. Estas inconsistencias violan el modelo de decisión arriesgada,

pero pueden ser entendidas desde consideraciones del procesamiento de la información. En la apuesta, el sujeto comienza con la cantidad a ganar y la ajusta hacia abajo para tener en cuenta otros atributos de la apuesta. En la elección, no hay ningún punto de partida natural. Así, la cantidad a ganar domina las ofertas, pero no las opciones. No se puede considerar irracional este comportamiento, pero pone en duda la validez descriptiva de los modelos de utilidad esperados en la toma de decisiones con riesgo.

La tarea consiste en elegir entre dos alternativas para jugar la segunda apuesta:

Apuesta A: 99% de ganar 4 € y 1% de perder 1 € (valor previsto 3,95 €).
Apuesta B: 33% de ganar 16 € y 67% de perder 2 € (valor previsto 3,94 €).

La mayoría de los sujetos eligió la primera apuesta, pero ofrecía más dinero.

Los autores explican este hecho afirmando que los procesos de información tienen mucha mayor importancia de la que se les suele dar y que el fenómeno de preferencia invertida es interesante porque revela la naturaleza del juicio humano y la toma de decisiones.

Más recientemente se ha encontrado un tipo diferente de preferencia invertida, la que ocurre entre dos modos de evaluación: aislada y en conjunto. Se comparan dos bienes relacionados, uno de los cuales domina al otro; sin embargo, la relevancia de la dominación se cambia cuando se tienen bienes evaluables. En conjunto y en solitario entre los sujetos, la preferencia invertida ocurre cuando el bien dominado es evaluado más alto en el modo aislado.

7.3.3. Violación del principio de la cosa segura o de independencia

Como dijimos anteriormente, la toma de decisiones se puede llevar a cabo de una manera científica (ateniéndose a los axiomas normativos) o no científica (la psicología descriptiva o explicativa de la conducta). El análisis normativo obedece a la lógica y a la racionalidad de la toma de decisiones. A los psicólogos nos interesa no solo este aspecto, sino la forma concreta en la que el ser humano se enfrenta a los dilemas que se le presentan, aunque sea violando los axiomas.

La idea que subyace al principio de independencia, llamado por Savage de la "cosa segura" (sure thing), es que si dos alternativas tienen un resultado común bajo un estado particular de la naturaleza, entonces el orden de las alternativas debe ser independiente de ese resultado.

El principio de la cosa segura fue inmediatamente atacado por Maurice Allais. Él presentó un problema con una decisión paradójica en la que la decisión viola el principio de la cosa segura.

También Tversky y Shafir (1992) encontraron que muchos sujetos violaban este principio, como en el experimento siguiente:

Imagine que ha jugado a un juego que ofrecía un 50% de probabilidades de ganar 200 € y un 50% de probabilidades de perder 100 €. Imagine que la moneda ya ha sido lanzada, pero no se sabe si ha ganado o perdido hasta que no tome una decisión respecto a una segunda apuesta idéntica: 50% de posibilidades de ganar 200 € y 50% de posibilidades de perder 100 €. En estas condiciones, ¿aceptaría la segunda apuesta?

Los datos indican que una mayoría de sujetos aceptó la segunda apuesta después de saber que había ganado o perdido la primera apuesta. Sin embargo, la mayoría de sujetos rechazó la segunda apuesta cuando no conocía el resultado de la primera. Este comportamiento viola el principio de la cosa segura de Savage.

7.3.4. Violación del principio de regularidad

La regularidad es el cuarto principio de Savage, pero no hay ninguna conexión lógica entre la independencia de alternativas irrelevantes y la regularidad (lógicamente, uno no implica al otro).

Este principio afirma que la adición de una opción en un sistema de elección nunca debe aumentar la probabilidad de escoger una opción del conjunto original.

¿Obedecen las personas el principio de regularidad? Muchos estudios han mostrado que la gente viola con frecuencia este principio. La adición de una nueva opción puede aumentar la probabilidad de elegir una opción de la configuración original. Tales violaciones se suelen denominar *efectos de dominancia asimétrica* o *efectos de atracción*.

Supongamos que tenemos que decidirnos entre dos portátiles, A y B. A es relativamente pesado, pero tiene una gran pantalla; B es más ligero, pero tiene una pantalla más pequeña. El dependiente nos trae ahora un tercer ordenador, D, que es más pesado que B, pero con el mismo tamaño de pantalla. La mera presencia de D hace que B parezca mejor. La probabilidad de escoger B del conjunto de tres equipos (A, B y D) es mayor que la probabilidad de escoger B del conjunto de dos equipos (A y B). Este aumento en la probabilidad se denomina *efecto de dominancia asimétrica*.

Busemeyer, Wang y Townsend (2006) han propuesto una teoría psicológica que puede explicar las dependencias entre las opciones que ellos denominan *teoría del campo de decisión*. Según esta teoría, las opciones son el resultado de un proceso dinámico durante el cual el sujeto recupera, compara e integra utilidades al azar. Durante este periodo se recupera una utilidad al azar para cada opción. Estas utilidades se integran a través del tiempo mediante un proceso dinámico lineal para formar un estado de preferencia.

7.4. Teorías descriptivas de la toma de decisiones

Si los seres humanos nos guiamos por nuestro sistema 1 de razonamiento en la mayoría de las ocasiones en que tenemos que tomar decisiones, no es de extrañar que cometamos muchos errores y no apliquemos sistemáticamente el razonamiento lógico, un razonamiento que gasta mucha energía y tiempo.

Piaget pensaba que los errores que cometen los niños son incluso más significativos que los aciertos a la hora de estudiar su modo típico de razonar. En este sentido, también los psicólogos nos hemos interesado por las violaciones de los axiomas y la utilización de una racionalidad más pobre.

La labor de los psicólogos en este terreno es elaborar teorías y modelos explicativos de una realidad que está ahí y que actúa al margen de la lógica. En este apartado analizaremos teorías explicativas del comportamiento humano que no se rige por axiomas: *la teoría de la perspectiva* y *la teoría del arrepentimiento*.

7.4.1. Teoría de la perspectiva

La teoría de la perspectiva fue expuesta por Kahneman y Tversky (1979). Esta teoría plantea la idea de que las preferencias son dependientes de la posición en la que se encuentre el sujeto, por tanto, no depende de valores absolutos. En cada momento o situación, los objetos son valorados de forma diferente, de modo que son una función del valor que le otorgamos a nuestras ganancias y pérdidas y tiene tres características: (a) es cóncava en el ámbito de las ganancias, favoreciendo la aversión al riesgo; (b) es convexa en el dominio de las pérdidas, favoreciendo la búsqueda de riesgo; (c) lo más importante, la función está doblada agudamente en el punto de referencia, de modo que la aversión a las pérdidas es más pronunciada que la atracción de las ganancias.

La utilidad de una ganancia se estima comparando las utilidades de dos estados en una suma. La utilidad de ganar una cantidad extra de dinero (el reintegro de la lotería en un número) cuando se ha ganado el primer premio en otro número (supongamos 200.000 €),sería la diferencia entre la utilidad de 200.020 € y la utilidad de 200.000 €. Si no nos hubiese tocado el gordo de la lotería, cobrar el reintegro nos habría proporcionado una utilidad mucho mayor.

El gran descubrimiento de Kahneman y Tversky fue que la aversión al riesgo se puede sustituir por la búsqueda de riesgo. Por ejemplo, ¿qué elegiría usted entre las siguientes opciones?

Opción 1: Ganar 900 € o el 90% de posibilidades de ganar 1000 €.
Opción 2: Perder 900 € o el 90% de posibilidades de perder 1000 €.

Si es la opción 1, casi seguro que mostramos aversión al riesgo. El valor subjetivo de ganar 900 € es mayor que el 90% de ganar 1000 €. Si es la segunda opción, perder sin remedio 900 € nos produce mucha aversión. Al menos en el segundo caso, tenemos un 10% de posibilidades de no perder nada.

Los seres humanos solemos buscar el riesgo cuando todas las opciones son malas. Nosotros tenemos un dicho: *"de perdidos, al río*", que expresa esa búsqueda del riesgo cuando no encontramos salida a las pérdidas.

Por otra parte, la toma de decisiones puede estar sesgada dependiendo del contexto en el que se presente la situación a elegir. Kahneman presenta el siguiente ejemplo (véase cuadro 7.4):

Imagínese que forma parte de un jurado para asignar la custodia de un niño tras un divorcio relativamente desordenado. Los hechos se han complicado por consideraciones económicas, sociales y emocionales ambiguas, y tiene que basar su decisión enteramente en las siguientes observaciones. ¿A qué padre se otorga la custodia exclusiva del niño?

Cuadro 7.4. Influencia del modo de formular la pregunta

Padre A	*Padre B*
Ingresos normales	Ingresos alrededor de la media
Salud normal	Relaciones muy estrechas con el niño
Un horario de trabajo normal	Vida social extremadamente activa
Una relación razonable con el niño	Mucho trabajo relacionado con viajar
Una vida social relativamente estable	Pequeños problemas de salud

La pregunta se puede formular de dos maneras. Una en positivo: ¿a cuál de los padres otorgarías la custodia del niño? La otra se formula en negativo: ¿a qué padre denegarías la custodia del niño?

El 64% de los participantes en la investigación decidió otorgarle la custodia al padre B (en la pregunta en positivo). Pero cuando se planteó la pregunta en negativo (¿a qué padre negarías la custodia del niño?), el 55% de los participantes optaron por negar la custodia al padre B (por defecto, le entregarían la custodia al padre A).

En la pregunta positiva, los sujetos se fijaron de modo selectivo en las características que favorecen la custodia, como son las *relaciones muy estrechas con el niño*. Esta misma selección de características se produce en la pregunta sobre a quién no le otorgaría la custodia. Los sujetos valoraron negativamente caracterís-

ticas como el tener que *pasar mucho tiempo fuera de casa* por exigencias de su trabajo. Las demás características no se tuvieron en cuenta.

Diferentes estudios han mostrado la influencia del contexto en una gran diversidad de tareas, como la elección de candidatos, apuestas monetarias, qué cursos elegirá un estudiante.

La teoría de la perspectiva es básicamente una teoría contextual. Los sujetos consideran más atractiva una decisión en una situación de ganancia que de pérdidas. Así, es mejor decir que un jugador ha anotado el 75% de sus tiros libres, que decir que solo ha fallado el 25% de sus tiros libres.

7.4.2. Teoría emotiva de la toma de decisiones

Bell (1982), en la presentación de su teoría, afirmaba que existe evidencia de que las personas no siempre toman decisiones que implican recompensas monetarias. Después de tomar una decisión bajo incertidumbre, una persona puede descubrir, al analizar los resultados relevantes, otra alternativa que habría sido preferible. Este conocimiento puede producir un sentimiento de pérdida y el sujeto lamenta haber tomado esa decisión. El arrepentimiento *(regret)* nos prepara para evitar tomar decisiones inapropiadas. Incorporar explícitamente el pesar y el arrepentimiento consiguiente, no solo es un mejor predictor, sino también una guía más convincente para prescribir el comportamiento en la toma de decisiones.

Unos años más tarde (Bell 1985), introdujo una nueva emoción, la desilusión *(disappointment),* que completa la teoría del arrepentimiento. La teoría de la desilusión analiza los sentimientos que contradicen un principio fundamental de la economía: *"dos consecuencias con la misma suma de dinero deberían ser indiferentes"*. Sin embargo, ganar 10.000 € en el primer premio de la lotería produce más placer que recibir 10.000 € en el tercer premio de la lotería.

El sentimiento de desilusión provoca una reacción psicológica al comparar los resultados reales de la toma de decisiones con las expectativas.

El reconocimiento explícito de que los sujetos pagan un seguro para evitar potenciales desilusiones, aporta una interpretación a algunas paradojas. El concepto de desilusión está integrado en el modelo prescriptivo de la teoría de la utilidad.

El razonamiento *contrafáctico* (lo que no sucedió realmente, pero podría haber sucedido si hubiésemos elegido otra cosa) es lo que suscita estos sentimientos de pesar, arrepentimiento, decepción o gozo. ¡Ojalá hubiese invertido mi dinero en este valor bursátil que ha subido este año un 35%!, decimos al ver cómo nuestro amigo ha ganado mucho dinero en bolsa y nosotros no quisimos seguir su consejo.

En el siguiente cuadro presentamos las emociones que producen la toma de decisiones, tanto las que hemos llevado a cabo como las que pudimos tomar, pero rechazamos en su momento (véase cuadro 7.5).

Cuadro 7.5. Las emociones que desencadenan la toma de decisiones exitosas y perjudiciales, tanto si las llevamos a cabo como si las rechazamos

Opción	*Elegida*	*No elegida*
Beneficio	Júbilo	Decepción
Perjuicio	Arrepentimiento	Regocijo

Al elegir una opción con la que hemos obtenido ganancias, sentimos júbilo por haber elegido bien y haber obtenido la utilidad esperada. La decepción se produce cuando la opción no elegida por nosotros ha obtenido ganancias. También se produce decepción si la opción elegida ha obtenido ganancias, pero inferiores a las esperadas. Si hemos elegido una opción que provoca pérdidas, aparecerá un sentimiento de arrepentimiento. No deberíamos haber elegido esa opción. Pero si, por el contrario, no hemos elegido una opción que ha provocado pérdidas, nos alegraremos de no haber elegido esta opción perdedora. Si en una carrera de caballos apostamos por el número siete, que entra el primero en la meta en vez del número cinco, que en principio era el favorito, tendremos dos sentimientos conjuntos. El primero de júbilo por haber obtenido un beneficio, el segundo de regocijo por no haber hecho caso a los que auguraban la victoria del número cinco. Si hubiese ganado el número cinco tendríamos también dos sentimientos conjuntos: *arrepentimiento* por no haber hecho caso al que nos había asegurado que ganaría y *decepción* por haber estado muy cerca de obtener una ganancia.

Kahneman y Tversky (1982) pidieron a los estudiantes que evaluaran el arrepentimiento que sentirían dos inversores. Ambos perdieron 1200 dólares, uno como resultado de comprar una acción particular, el otro como resultado de aferrarse a una opción determinada. El 92% creían que el comprador activo se sentiría más arrepentido que el pasivo. Un resultado de pérdidas como consecuencia de una acción parece ser que produce más arrepentimiento que el mismo mal resultado cuando es fruto de la inacción.

7.5. Las bases neurológicas de la toma de decisiones

En los últimos años se han publicado numerosos estudios sobre la base neuronal de la toma de decisiones y las emociones concomitantes, tanto a los resultados obtenidos en términos de pérdidas o ganancias reales. También se ha estudiado de una manera muy amplia el razonamiento contrafactual, es decir, el razonamiento

sobre lo que podría haber sucedido de haberse tomado una decisión diferente a la que se tomó en realidad.

El gran impulso para estudiar estos temas vino fundamentalmente del interés cada vez mayor por la neuroeconomía y la neuropsicología. Economistas, psicólogos y sociólogos han investigado los sustratos neuronales de las emociones que tienen que ver con el miedo a las pérdidas y la apetencia por las ganancias.

Otro campo de interés tiene que ver con la economía de la cooperación. En los juegos se puede establecer una doble vía, la de los juegos de competencia o de suma cero y la de los juegos de cooperación, en los que todos saldrían ganando. En los juegos de suma cero, los sujetos compiten entre sí de modo que las ganancias de uno representan pérdidas para el oponente. En el juego del ajedrez, por ejemplo, las pérdidas del oponente son ganancias para mí. Yo gano, tú pierdes. Por el contrario, en los juegos de cooperación todos podemos ganar si actuamos en consonancia el uno con el otro.

Cuando las ganancias y las pérdidas dependen de otras personas, entran en juego las negociaciones, la cooperación y la deserción.

En primer lugar analizaremos las zonas cerebrales que se activan con las diferentes emociones que surgen ante las pérdidas: el pesar y la decepción.

Uno de los campos más estudiados en la última década es el de la correspondencia cognitiva de la toma de decisiones y la activación de sus correspondientes zonas cerebrales. Las técnicas más utilizadas son la resonancia magnética funcional (RMIf) y la electroencefalografía (EEG). Las emociones que más influencia tienen en la toma de decisiones y las que más han sido estudiadas, son el *arrepentimiento (regret) y la decepción (disappointment),*muy ligadas al razonamiento contrafáctico.

En el campo de la psicología se ha utilizado preferentemente el Iowa Gambling Tasks. En este juego se presentan a los participantes cuatro bloques de cartas con los que se puede ganar algún dinero. Algunas cartas ganan dinero, otras pierden dinero. Algunos bloques de cartas son buenos, otros son malos. Con los bloques buenos se gana poco dinero, con los malos se suele perder mucho dinero.

Los sujetos normales aprendieron rápidamente a evitar el montón de cartas que les producía grandes pérdidas y a utilizar el que les daba pequeñas ganancias. Pero los sujetos con alguna lesión en la parte ventromedial del córtex prefrontal seguían apostando en el bloque que les producía pérdidas.

En un estudio realizado por Bault et al. (2011), encontraron que la respuesta neuronal a resultados ficticios o contrafactuales (es decir, los resultados de las opciones no elegidas) se localiza en la corteza orbitofrontal humana y en la corteza cingulada anterior, tanto en los seres humanos como en los primates. También el cuerpo estriado ventral juega un papel importante en la codificación de señales de error activo en la toma de decisiones dinámicas. Por tanto, aquellas estructuras

neurales relacionadas con el procesamiento de la recompensa y el aprendizaje están involucradas en la codificación del razonamiento contrafactual.

Existe una complicación mayor cuando la toma de decisiones no depende de una sola persona, sino que están involucradas otras más. En economía se han venido usando diferentes juegos para analizar el comportamiento en grupo de las personas en la toma de decisiones.

En el juego del ultimátum, quien hacía la oferta podía ser una persona o un ordenador. En este estudio, Sanfey et al. (2003) encontraron que los participantes aceptaban todas las ofertas justas, con niveles decrecientes de aceptación según se iban haciendo más injustas. En concreto, se rechazaron casi todas las ofertas de 2 € o 1 € hechas por un ser humano. Esto sugiere que los participantes tuvieron una reacción emocional muy fuerte contra las ofertas injustas, mientras que fueron pocos los que rechazaron estas mismas ofertas cuando las hacía el ordenador.

Entre las áreas que mostraron mayor activación estaba la ínsula, el córtex prefrontral dorsolateral (DLPFC) y el córtex cingulado anterior (ACC). Aunque la ínsula está relacionada con el disgusto por algunos olores y sabores (disgusto físico), también lo está con el disgusto que produce la injusticia (disgusto moral).

Uno de los juegos más complejos en los que intervienen dos personas y con múltiples opciones es el dilema del prisionero.

Este juego se enmarca dentro de la teoría de juegos de suma no cero (Axelrod, 1984). En este juego, los dos jugadores pueden escoger entre dos movimientos: cooperar o delatar. La idea es que cada jugador gana cuando ambos cooperan, pero si sólo uno coopera, el que delata gana más. Si los dos delatan, ambos pierden (o ganan muy poco), pero no tanto como el cooperador engañado, cuya cooperación no tiene recompensa. En el cuadro 7.6 se resumen los beneficios y pérdidas por cooperar o defraudar.

Cuadro 7.6. El dilema del prisionero

Prisioneros A y B	*Castigo si no acusan*	*Castigo si acusan*
Cooperan: los dos dicen igual	1 año a cada uno	5 años a ambos
No cooperan: uno acusa, el otro no	El que no acusa, 10 años	El que acusa, libre

El problema que plantea este dilema se enmarca dentro de las relaciones humanas: uno se pregunta si es mejor ser honesto o engañar. Otros ejemplos en los que estamos implicados los seres humanos, como interdependientes unos de otros, es si yo puedo sobreexplotar los mares, contaminar los ríos, llenar mi piscina de

agua en una sequía, etc. El bien personal y el bien común están entrelazados en la regla de oro de la moral, que aparece en Mateo, 7,12: *Haz al otro lo que te gustaría que te hicieran a ti* (Insko et al., 2013).

Otra estrategia que produce resultados equitativos es la ley del talión: *ojo por ojo y diente por diente*. En este caso, se intenta hacer lo mismo que el oponente. Si él coopera, yo también; si él no coopera, yo tampoco. De esta manera, la estrategia de la ley del talión premia la cooperación y castiga la deserción.

El dilema del prisionero ha sido estudiado por la psicología, la economía, la sociología y la biología. Los biólogos, que están interesados en la evolución, estudian la cooperación, ya que la competencia es fundamental para la selección natural. ¿Por qué debería ayudar un individuo a otro que es un competidor en la lucha por la supervivencia? Sin embargo, la cooperación es fundamental para la supervivencia en la naturaleza. La cooperación hace más fuertes a virus, bacterias, otros microorganismos, animales, plantas y seres humanos. No podemos olvidar que en los procesos evolutivos que han llevado desde la célula eucariota hasta los organismos multicelulares, los insectos sociales y la sociedad humana, se basan, en cierta medida, en la cooperación.

7.6. Paradojas en la toma de decisiones

Una de las características del pensamiento humano es su capacidad para jugar con las distintas posibilidades que ofrece tanto el lenguaje como el raciocinio. Las paradojas se han venido utilizando desde que el hombre es hombre y maneja el lenguaje. Don Quijote, por ejemplo, hablaba de *la razón de la sinrazón*. Y Pascal, de *las razones del corazón que la razón no entiende*.

Desde el momento en que la economía comenzó a ser una ciencia, aparecieron muchas paradojas que eran claras violaciones de la teoría de la utilidad esperada y los axiomas de la elección racional.

7.6.1. La paradoja de Allais (aversión al riesgo)

Fue con ocasión de un congreso sobre la decisión en economía que Maurice Allais organizó en París y en el que participaron los grandes especialistas de la disciplina, entre otros Leonardo Savage, cuando este sometió a los participantes del congreso a un sondeo experimental que llegaría a ser una de las paradojas más conocidas de la teoría de la utilidad esperada. Durante un descanso en el desayuno, Savage pasó un cuestionario y, ante las respuestas obtenidas, que contradecían la teoría que defendía él mismo, sacó la conclusión de que la racionalidad de los asistentes era limitada.

Allais presentaba las siguientes opciones para que sus colegas eligieran:

1 ¿Prefiere usted la situación A a la situación B?	
Situación A	Certeza de recibir 100 millones
Situación B	10% de ganar 500 millones
	89% de ganar 100 millones
	1% de no ganar nada

2 ¿Prefiere usted la situación C a la situación D?	
Situación C	11% de ganar 100 millones 89% de no ganar nada
Situación D	10% de ganar 500 millones
	90% de no ganar nada

El mismo Allais explica los resultados así: si el postulado de M. Savage estaba justificado, la preferencia A > B debería entrañar la preferencia C > D.

Sin embargo, para la mayor parte de la gente, cuya curva de satisfacción no es demasiado grande y en la que la opinión común considera muy racional, se observan las respuestas: A > B, C < D.

Lo que muestra una clara violación de los axiomas de Savage.

Se puede observar que las esperanzas matemáticas ligadas a las situaciones A, B, C, y D en millones de francos son: A= 100, B= 139, C=11, D=50.

En estas elecciones se dan paradojas evidentes desde el punto de vista matemático, ya que la elección de A es un 40% inferior a B. Y la curva de satisfacción no es suficiente para que no prefieran D a C, teniendo en cuenta la distancia de 1 a 5 de las expectativas matemáticas. Se puede señalar que en las elecciones C y D, el efecto de complementariedad correspondiente a una posibilidad entre 100 de no ganar nada es débil.

Aunque esta publicación de Allais no tuvo el efecto deseado entre los economistas, unos años más tarde, en la década de los 70, Tversky, Kahneman (1974) y Lichtenstein, Slovic (1971) iniciaron una controversia sobre la hipótesis de la racionalidad de los seres humanos en la teoría económica. Cuando los psicólogos estudien experimentalmente la toma de decisiones aparecerá, una década más tarde, una nueva disciplina, la "economía conductual".

7.6.2. La paradoja de Ellsberg (riesgo e incertidumbre)

Si la paradoja de Allais mostraba la aversión al riesgo, la paradoja de Ellsberg (1961) muestra la aversión a la ambigüedad. En esta paradoja se analiza el cálculo de probabilidades mediante juicios probabilísticos.

En la toma de decisiones nos encontramos siempre con dos elementos que nos gustaría que no existiesen: el riesgo y la incertidumbre. Pero dado que no podemos evitarlos, ¿cuál de ellos elegiríamos, el riesgo o la incertidumbre? La paradoja de Ellsberg demuestra que los seres humanos preferimos el riesgo a la incertidumbre. En este caso se está violando el principio de la cosa segura de Savage.

Ellsberg presenta el siguiente problema: *una urna contiene 30 bolas rojas y 60 bolas que pueden ser negras o amarillas, en proporción desconocida. Usted debe extraer una bola de la urna y apostar respecto al color de la bola que sacará. Apostar por rojo significa que usted recibirá un premio de 30 $ si saca una bola roja y 0 $ si es de otro color. A los sujetos se les ofrecen cuatro opciones. (1) Apostar por roja, (2) apostar por negra, (3) apostar por roja o amarilla, (4) apostar por negra o amarilla. Luego se le da a elegir entre (1) y (2) y entre (3) y (4).* El patrón de respuesta más frecuente es preferir (1) a (2) y (4) a (3), lo que viola el principio de la cosa segura que requiere seguir el orden 1-2-3-4 (véase cuadro 7.7).

El valor teórico en ambas elecciones es el mismo, 10 dólares. Pero la gente prefiere negra y amarilla a roja y amarilla. En teoría, no existe ninguna razón para esta elección según los axiomas de la teoría de la utilidad subjetiva.

Cuadro 7.7. Elección entre riesgo e incertidumbre en la paradoja de Ellsberg

Elección entre	*Roja*	*Negra*	*Amarilla*
(1) Apostar por roja	30 €	0 €	0 €
(2) Apostar por negra	0 €	30 €	0 €
(3) Apostar por roja o amarilla	30 €	0 €	30 €
(4) Apostar por negra o amarilla	0 €	30 €	30 €

7.6.3. Paradoja de San Petersburgo

Existe un juego que se denomina paradoja de San Petersburgo, propuesto por Daniel Bernoulli, quien publicó la célebre paradoja en las actas de la Academia de Ciencias de San Petersburgo, en 1738. El juego de San Petersburgo está relacionado con la teoría de la probabilidad y la teoría de la toma de decisiones y se basa en un juego de azar en el que las expectativas de ganar pueden ser infinitas, aunque en la práctica se suele ganar una pequeña cantidad de dinero.

Suponga que ha ido al casino y le preguntan: ¿cuánto dinero estaría dispuesto a ofertar para jugar al juego de San Petersburgo? Vamos a tirar una moneda al aire y usted apuesta por cara o por cruz. Si sale cara la primera vez, usted gana 1 €. Volvemos a tirar, si sale cruz se acaba el juego, si sale cara usted gana 2 €. Volvemos a tirar, si sale cruz se acaba el juego, si sale cara usted duplica sus ganancias (4 €),y así sucesivamente hasta que salga cruz y se acabe el juego. Por cada vez que salga cara, usted duplica el dinero ganado en la última jugada.

Cuadro 7.8. La utilidad esperada en la paradoja de San Petersburgo

n.º tiradas	*P(n)*	*Ganancias*	*Utilidad*	*Utilidad esperada*
1	1/2	$2	0,301	0,1505
2	1/4	$4	0,602	0,1505
3	1/8	$8	0,903	0,1129
4	1/16	$16	1,204	0,0753
5	1/32	$32	1,505	0,0470
6	1/64	$64	1,806	0,0282
7	1/128	$128	2,107	0,0165
8	1/256	$256	2,408	0,0094
9	1/512	$512	2,709	0,0053
10	1/1024	$1024	3,010	0,0029

El valor esperado de este juego es infinito, ya que cada vez que tiramos la moneda tenemos el 50% de probabilidades de que salga cara.

Se han dado algunos intentos para solucionar esta paradoja, uno de ellos consiste en calcular la probabilidad de ocurrencia de un hecho dado que otro ya ha sucedido; por ejemplo, que dos amigos tiren un dado y que los dos saquen el mismo número. En el caso de esta paradoja, la probabilidad de que salga cara la primera vez es de 1/2 (0,5), la segunda vez es de 1/4 (0,25), la tercera vez es de 1/8 (0,12). De modo que si hacemos un cálculo siguiendo la fórmula de la utilidad subjetiva multiplicada por la probabilidad, el resultado no sería muy prometedor.

Otra solución proviene de la utilidad marginal. En el cuadro 7.8 puede apreciarse cómo disminuye progresivamente la utilidad esperada.

No es de extrañar que la gente no esté dispuesta a apostar más de 5 dólares de media para que se les permita jugar a este juego, aunque las posibilidades teóricas sean infinitas.

7.7. Resumen

En nuestro mundo tenemos que tomar decisiones constantemente. La mayoría de ellas no entrañan el riesgo de una pérdida importante y la incertidumbre no nos causará mayores contratiempos. Sin embargo, existen otras decisiones en las que nos jugamos nuestro futuro o bastante dinero. Para estas ocasiones se han diseñado estrategias que nos ayudan a tomar decisiones en las que se intentan minimizar los riesgos y la incertidumbre.

La estrategia más conocida es la teoría USE, según la cual, una decisión es racional si maximiza la utilidad subjetiva esperada. Esta teoría es más útil en situaciones sin riesgo.

Esta teoría establece una serie de principios para garantizar una buena elección, o al menos una que sea racional. Pero los seres humanos no solemos atenernos a estos principios. Por ejemplo, las preferencias no son siempre transitivas. A veces preferimos C a A, cuando con anterioridad hemos preferido A a B y B a C.

Par explicar estas actitudes de las personas cuando toman decisiones se han presentado algunas teorías, como la eliminación por aspectos de Tversky y la búsqueda de la satisfacción de Simon. La gente suele conformarse en sus elecciones con algo que satisface sus apetencias, sin detenerse a considerar si esto es lo mejor a lo que podemos aspirar. Esta actitud se denomina racionalidad limitada y satisfacción limitada.

Dos principios fundamentales, además del de transitividad, son los de independencia y el principio de la cosa segura. El principio de independencia establece que si A se prefiere a B en cualquier contexto (o en ausencia de contexto), debería preferirse cuando no se especifica ningún contexto. Muy parecido a este principio es el de la cosa segura. Si algo realmente es deseable, se debe seguir persiguiendo aunque cambien las circunstancias.

Para mostrar cómo los sujetos no se atienen a los axiomas de la USE, se han diseñado algunas paradojas: Allais, Ellsberg y San Petersburgo. En todas estas paradojas la gente elige una de las opciones sobre la otra, cuando en realidad las dos opciones son idénticas.

Las decisiones no solo dependen de un sujeto, sino que intervienen otros sujetos que tienen intereses contrapuestos. Por ejemplo, cuando jugamos al ajedrez, los dos contrincantes quieren maximizar sus ganancias y minimizar sus pérdidas, pero esto solo se consigue maximizando las pérdidas del contrario y minimizando sus ganancias.

Existen diferentes estrategias diseñadas por los economistas y por los psicólogos para analizar la toma de decisiones cuando estas dependen de varias personas. Entre estos juegos podemos señalar el dilema del prisionero y el juego del ultimátum.

8
Solución de problemas

8.1. Introducción

Karl Popper escribió un libro titulado *Toda la vida es solucionar problemas (All life is problem solving)*. Evidentemente, lo único que hacemos en la vida es solucionar los problemas que se nos presentan. También nuestros antepasados se pasaron la vida solucionando problemas. Pero muy pronto dentro de la evolución, los homínidos tuvieron dos metas claramente enlazadas: la solución de problemas y las aportaciones de tecnología para alcanzar las metas propuestas. La construcción de una lanza es un paso tecnológico importante para matar animales peligrosos con el mínimo riesgo posible. Cuando se construyen flechas con punta de sílex se puede matar a una mayor distancia, lo que aleja el peligro de ser atacado por el animal y se gana en eficacia y en seguridad. La tecnología hace que el mundo sea mejor y con una mayor calidad de vida. El resto de la historia de la humanidad ha seguido estas dos sendas que se potencian mutuamente. Cuanto mejor es la tecnología, mejor se puede investigar y mayores son las metas alcanzadas, con menos riesgos y con mayor eficacia. Todo lo que hace el hombre en la actualidad es demandar mejor tecnología para producir más y con menores costes. De hecho, la única manera de mantener una economía es mejorar la tecnología.

Cuando nos enfrentamos a un problema, sea cual sea, automáticamente echamos mano de la tecnología que tenemos a nuestra disposición. Hace 70 años los niños aprendían a calcular la raíz cuadrada de un número aplicando la tecnología que tenían a su alcance, que era completamente manual. En la actualidad, cualquier máquina calculadora lo hace con solo apretar un botón. Nuestras abuelas hacían mahonesa batiendo un huevo y añadiendo aceite, gota a gota, mientras seguían batiendo con un tenedor. Una gota de aceite, una vuelta con el tenedor. Ahora, la tecnología de las batidoras hace posible que se echen en el recipiente todos los ingredientes de una vez y, con solo apretar un botón durante 20 segun-

dos, está perfecta la mahonesa. La tecnología nos ayuda a solucionar problemas de una manera mucho más rápida y eficaz.

8.2. Definición de problema

La psicología de la Gestalt estuvo muy interesada en la solución de problemas. Karl Duncker escribió una obra sobre la solución de problemas en la que definió la solución de problemas como el estado de un organismo vivo que tiene un objetivo pero no sabe cómo alcanzarlo. En esta definición hay tres términos: (a) un estado inicial; (b) un estado final; (c) un conjunto de operadores que le podrían ayudar a alcanzar este estado final. Podríamos poner como ejemplo a un grupo de hombres de la cueva de Altamira que tienen hambre (estado actual) y quieren saciar el apetito cazando un ciervo (estado final). Están recogiendo sus armas (lanzas y flechas), que es la tecnología a su alcance, para matar un ciervo. El éxito que puedan tener dependerá de su habilidad para acercarse lo suficiente al ciervo, colocarse en contra de la dirección del viento para no ser detectados, la puntería de los que lanzan las flechas, la pericia de los que rematarán al ciervo herido con sus lanzas, etc. En este tipo de cacerías se puede tener éxito o no, ya que cazar una pieza no es nada fácil con este tipo de tecnología.

Para Boden (2003) y otros autores todo el pensamiento implica solución de problemas, no importa lo sencillos que sean, inmediatos y sin esfuerzo.

8.2.1. Tipos de problemas

Desde la perspectiva psicológica podemos considerar dos tipos fundamentales de problemas: los fáciles y los difíciles.

Un problema es fácil si se puede especificar de manera clara y distinta tanto el estado inicial como el estado final y los medios u operadores necesarios para conseguirlo. Sacar agua de un pozo se puede considerar un problema fácil si sabemos lo que es un pozo, lo que es el agua, lo que es un caldero, una polea y una cuerda, y conocemos el estado inicial (caldero vacío) y el estado final (caldero lleno de agua). Una vez que conocemos los operadores (cuerda, polea, caldero), dejamos deslizar la cuerda a la que está atado el caldero hasta que este toca el agua del pozo. Cuando conseguimos llenar de agua el caldero, tiramos de la cuerda hasta que podemos coger el caldero lleno de agua.

Un problema es difícil si no se puede especificar con claridad, o no está bien concretado, el estado inicial, el estado final o los operadores que tenemos que utilizar. Por ejemplo, ser felices dentro del matrimonio. Algunos problemas no tienen solución, por ejemplo la cuadratura del círculo.

Los problemas se pueden clasificar de muy diferentes maneras, por ejemplo, si son deductivos (tenemos todos los datos necesarios para solucionar el problema) o inductivos (no tenemos todos los datos para solucionar el problema). También podemos clasificarlos como con adversario o sin adversario (el ajedrez es un ejemplo de problema con adversario).

8.3. Solución de problemas por deducción y por inducción

Los dos métodos más importantes para solucionar problemas son el método deductivo y el método inductivo. La mayoría de los problemas lógicos que se proponen en los libros clásicos de solución de problemas utilizan el método deductivo: misioneros y caníbales, problema de las jarras, la torre de Hanoi, problemas criptoaritméticos, el cruce del puente, etc. Las características fundamentales de este tipo de problemas es que en ellos encontramos todos los objetos y los operadores necesarios de una manera explícita, y todas las restricciones que no se deben sobrepasar (por ejemplo, en la barca de misioneros y caníbales nunca pueden ir más de dos personas).

Dado que el método inductivo es fundamentalmente heurístico, carece de las dos características del método deductivo: no se conocen todos los objetos ni todos los operadores necesarios para solucionar el problema y las restricciones son menos específicas (por ejemplo, encontrar una vacuna contra la malaria).

Se han propuesto varios modos de estudiar la solución de problemas dentro de la psicología cognitiva, la inteligencia computacional y la informática:

1. *Solución directa.* Se intenta la solución de un problema utilizando el conocimiento previo en la solución de otros problemas anteriores.
2. *Heurística*. Se adopta una regla o método que se considera la mejor para solucionar ese problema.
3. *Analogía*. Se utilizan los mismos mecanismos que se utilizaron en situaciones semejantes y tuvieron éxito.
4. *Hill climbing (subida a la colina).* Se realizan aquellos movimientos que más nos acercan a la meta, paso a paso.
5. *Deducción algorítmica*. Se aplica al problema el conocimiento de una solución bien definida. Es la solución típica de problemas lógicos y matemáticos.
6. *Búsqueda exhaustiva*. Cuando conocemos todos los posibles caminos de un laberinto y los recorremos hasta que encontramos la salida. Es una búsqueda sistemática.
7. *Divide y vencerás.* Se puede solucionar un problema complejo dividiéndolo en problemas más fáciles de solucionar (por ejemplo, no puedo subir

un armario ropero a mi piso, pero lo puedo desmontar en piezas y subir estas una a una).

8. *Análisis de medios-fines*. Se analiza el estado actual y la distancia al estado final, intentando reducir progresivamente esa distancia.
9. *Análisis y síntesis*. Se reduce un problema dado a una categoría conocida y entonces se buscan soluciones particulares.

8.3.1. Heurísticos en los problemas

Todos aquellos problemas que no tienen todos los datos y los operadores necesarios han de solucionarse mediante heurísticos. Un heurístico, como hemos explicado en capítulos anteriores, es una hipótesis que nos ayuda a encontrar una salida al problema en el que nos vemos envueltos. A veces se encuentra una solución, pero los heurísticos no garantizan que se pueda encontrar o que exista un medio para salir del laberinto problemático en el que nos encontramos. Los investigadores de enfermedades que actualmente se consideran incurables, utilizan este método. A lo largo de la historia hemos encontrado soluciones que se nos presentaban inesperadamente (la penicilina) o que eran fruto de un error de investigación. Aunque la mayoría de las veces los investigadores partían de datos fiables y contrastados, a partir de los cuales hacían predicciones que se cumplían, solucionar problemas con una matriz desconocida no es nada fácil, ya que no tenemos una tecnología aplicable o no sabemos qué tecnología aplicar. Estos son los típicos problemas difíciles.

8.3.2. Sistemas de producción

Newell and Simon (1972) construyeron un programa de ordenador denominado Solucionador General de Problemas, que podía desarrollar cualquier problema simbólico formal. En principio se utilizó para resolver problemas geométricos y de lógica proposicional. También podía jugar al ajedrez. Lo esencial de este programa es que separó los contenidos de sus aspectos formales para resolver los problemas. Gracias a esto se pudieron resolver problemas sencillos como la torre de Hanoi.

El programa comienza con un estado inicial (el conocimiento y la información que tiene del exterior) e intenta llegar al estado de meta. Para moverse del estado inicial al de meta, el solucionador de problemas tiene una serie de operaciones (herramientas o acciones que pueden modificar el estado actual; en su camino se encuentran algunas limitaciones que le impiden seguir un determinado camino; por ejemplo, imperativos éticos que no se deben pasar). En el problema de los caníbales y los misioneros, una limitación es que no se deben transportar

nunca más caníbales que misioneros, pues en caso contrario, los caníbales se comerían a los misioneros.

En este sistema podemos encontrar que existen diferentes ramas que conducen a una solución aceptable. Cada una de estas ramas forma en su conjunto el *espacio del problema* (el conjunto de todos los estados que se pueden alcanzar para resolver el problema). En el juego del ajedrez se pueden dar 576.000.000 diferentes opciones después de tres series de jugadas y unas 921.600.000.000 de posibilidades a lo largo del juego.

Las producciones se han venido utilizando con profusión en sistemas expertos y en inteligencia artificial.

8.3.3. Una teoría unificada de la cognición

John Anderson (1983) publicó un libro sobre la arquitectura de la cognición que fue la primera propuesta para una teoría unificada de la cognición: ACT* *(Adaptative Control Thought), El control adaptativo del pensamiento,* que hemos resumido en el capítulo primero.

Otro modelo de arquitectura mental ha sido propuesto por Laird, Newell y Rosenbloom (1987). El modelo se llama Estado, Operador, Resultado (SOAR). La arquitectura SOAR se centra en lograr niveles humanos de inteligencia y, de esta manera, usar un pequeño conjunto de bloques de construcción para alcanzar la inteligencia, incluyendo diferentes tipos de memoria (procedimental, semántica, episódica, de trabajo) y diferentes tipos de aprendizaje (reforzamiento, fragmentación, aprendizaje semántico, aprendizaje episódico). También tiene la habilidad de funcionar tanto con agentes virtuales como con reales. SOAR está más relacionado con altos niveles de funcionalidad que con bajos niveles de fiabilidad cognitiva, lo que lo hace menos apto para predecir los errores y las limitaciones de la gente (Trafton et al., 2013).

Este modelo ha ido evolucionando hasta nuestros días. En la actualidad se han presentado nuevas adaptaciones de SOAR para desarrollar sistemas robóticos que tengan habilidades cognitivas humanas, incluyendo la comunicación, la adaptación a situaciones nuevas y el aprendizaje de la experiencia (véase figura 8.1). El interés actual es la integración de la arquitectura cognitiva de SOAR con los sistemas virtuales y con robots físicos. Hasta el momento, SOAR se ha usado para desarrollar una gran variedad de agentes ricos en conocimiento para entornos virtuales complejos, incluyendo ambientes distribuidos de entrenamiento y juegos interactivos de ordenador. Recientemente se han hecho extensiones significativas que añaden nuevas memorias y un nuevo razonamiento no simbólico que mejora el SOAR original para el control de las habilidades de los robots. Estas mejoras

incluyen imágenes mentales, memoria semántica y episódica, aprendizaje por reforzamiento y un modelo de aprendizaje continuo (Laird *et al.,* 2012).

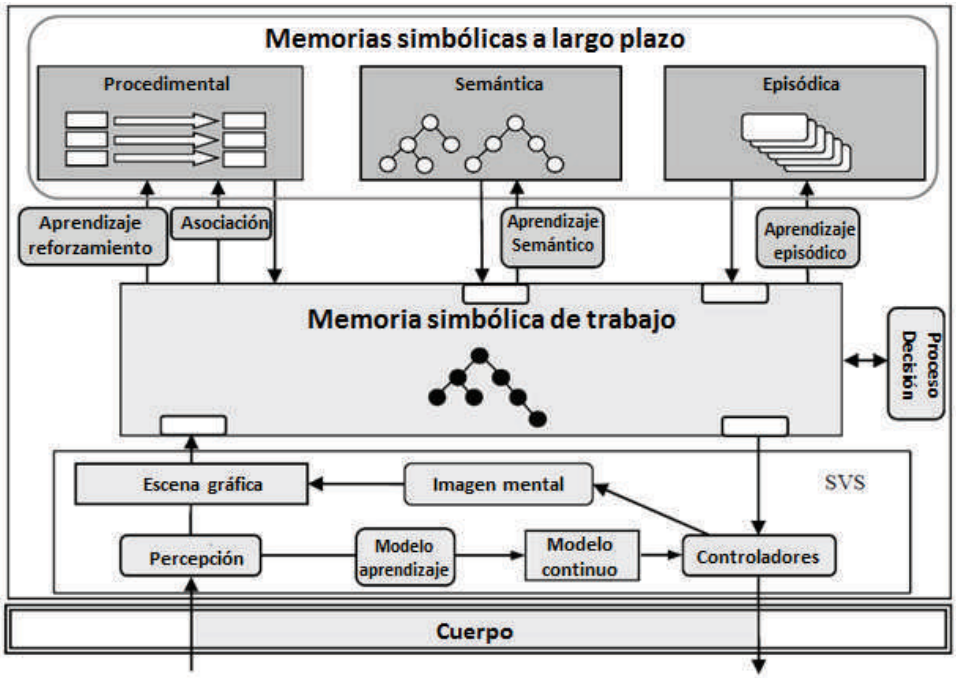


Figura 8.1. Diagrama del modelo SOAR para funcionar con robots, según Laird, J. E., Kinkade, K. R., Mohan, S. y Xu, J. Z. (2012).

8.4. Problemas sin adversario

Los problemas "fáciles", es decir, aquellos en los que está bien especificado el estado inicial, el estado final y los operadores, se corresponden con los problemas que utilizan el método deductivo. La palabra fácil no hace referencia a la facilidad con la que los sujetos alcanzan la meta, sino que es básicamente una apreciación de tipo formal, es decir, hace referencia a si están bien formulados o no lo están. Los problemas difíciles, por el contrario, son aquellos en los que no está bien especificado alguno de sus componentes (estado inicial, estado final, y operadores). Estos problemas se suelen solucionar utilizando el método inductivo, ya que tenemos que

aclarar nosotros por nuestra cuenta el estado inicial o el estado final y buscar los operadores que puedan ayudarnos a conseguir la meta.

Un ejemplo típico sería buscar una vacuna contra el cáncer de mama. Entre los problemas bien definidos podemos incluir los siguientes:

— *Puzle de ocho números*. Las instrucciones para solucionar este problema son las siguientes: usted se encuentra ocho números de forma aleatoria en esta matriz de 3 x 3. Su labor consiste en colocar los números de forma ordenada, del 1 al 8, como se muestra en la figura (B). Los números se pueden recolocar paso a paso utilizando el espacio vacío del centro. Ningún número puede saltar por encima de otro.

Figura A		
2	**6**	**7**
4		**6**
3	**1**	**8**

Figura B		
1	**2**	**3**
8		**4**
7	**6**	**5**

— *Misioneros y caníbales.* Se deben transportar 3 misioneros y 3 caníbales a la otra orilla de un río en una barca en la que solo caben dos personas. La barca necesita al menos una persona para volver a la otra orilla. Nunca debe haber más caníbales que misioneros, o los caníbales se comerán a los misioneros.

— *Cruzar el río.* Para cruzar el río hay una barca con capacidad para dos personas. Quieren cruzar una madre y sus dos hijas, un padre y sus dos hijos, un policía y su prisionero. Restricciones: el padre no puede estar con las niñas sin la presencia de la madre, la madre no puede estar con los niños sin

la presencia del padre, el prisionero no puede estar con nadie sin la presencia del policía. Solo el padre, la madre y el policía pueden manejar la barca.

— *Problema de la jarras.* Tenemos 3 jarras (A, B, C) que pueden contener 8, 5 y 3 litros cada una. A contiene 8 litros de agua, pero nuestro cliente nos ha pedido exactamente 4 litros. ¿Cómo los conseguiremos?
— *La torre de Hanoi.* Tenemos tres clavijas: A, B y C. En A tenemos 5 discos de mayor a menor tamaño, los más pequeños arriba. Hay que trasladar todos los discos de A a C moviendo un disco cada vez, de manera que nunca un disco mayor esté sobre otro más pequeño.

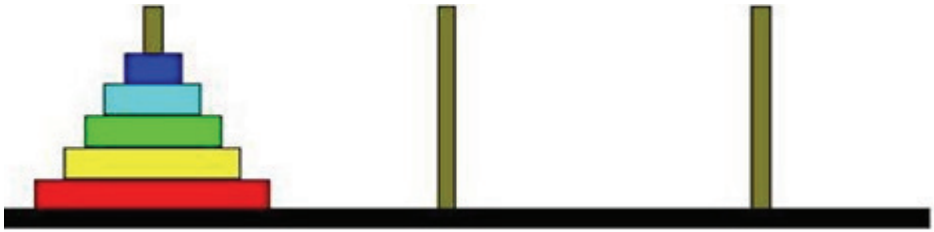


Figura 8.2. El problema de la torre de Hanoi.

— *Problemas criptoaritméticos.* Dado que D=5 y que cada letra está en lugar de un número diferente, de 0 a 9, encuéntrense los números que hacen que la suma sea correcta.

$$\begin{array}{r} \text{D O N A L D} \\ +\ \text{G E R A L D} \\ \hline =\ \text{R O B E R T} \end{array}$$

— *La rana en el pozo.* Una rana sube todos los días 2 metros por la pared del pozo. Durante la noche, dormida, baja 1 metro. La pared tiene 5 metros de alta. ¿Cuántos días tardará la rana en subir a la superficie?
— *Los nenúfares del lago.* Al principio del verano hay un nenúfar en el lago. Transcurren 60 días para que el lago se cubra de nenúfares. Sabiendo que los nenúfares duplican su número cada 24 horas, ¿en qué día estaba la mitad del lago cubierta de nenúfares?
— *Problema de la enciclopedia.* El bibliotecario informa al director del centro que una oruga ha horadado desde la primera página del primer tomo

de una valiosa enciclopedia hasta la última página del segundo tomo de esa misma enciclopedia. La enciclopedia está colocada de la forma tradicional, con los tomos de izquierda a derecha. Cada tapa de cada tomo tiene 1 milímetro de ancho, el conjunto de las hojas tienen 5 centímetros. ¿Qué longitud tiene el agujero que ha hecho la oruga?

— *El problema de las monedas antiguas.* Un anticuario le ha ofrecido a un museo unas monedas de bronce de la época romana. Llevan como fecha el año 44 a de C. El director del museo llama inmediatamente a la policía, que se lleva al anticuario preso. ¿Por qué?

— *Tumor inoperable.* Un paciente tiene un tumor que no se puede operar. Pero el tumor se puede destruir aplicándole una radiación de una intensidad determinada (100 RAD) durante 60 segundos. El problema es que una radiación tan alta quemará todos los tejidos que atraviese. ¿Qué solución se le ocurre para eliminar el tumor sin dañar los tejidos?

— *Derrocar al dictador.* Un dictador gobierna la población desde una fortaleza y un general rebelde quiere capturarla. El general sabe que un ataque de su ejército entero podría capturar la fortaleza, pero hay minas que explotarán destruyendo los puentes que llevan a la fortaleza. Para evitar esto, ¿qué estrategia empleará el general para atacar la fortaleza y derrocar al dictador?

— *El problema de la vela.* Te dan los siguientes objetos: una caja de cerillas, una caja de chinchetas y una vela. Ahora te piden que sujetes la vela en la pared y la enciendas.

— *Los nueve puntos y las cuatro líneas rectas*. Hay que unir estos nueve puntos con cuatro líneas sin levantar el lápiz del papel.

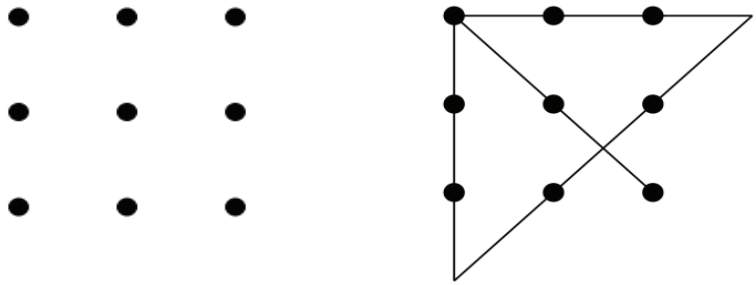


Figura 8.3. El problema de los nueve puntos y las cuatro líneas rectas.

— *El problema de las dos cintas.* Entras en una habitación donde hay dos cintas colgando del techo y unas tijeras sobre una mesita y te piden que cojas los extremos de las dos cintas. Desafortunadamente las cintas están demasiado separadas para que las alcances con los brazos extendidos. ¿Cómo consigues alcanzar los dos extremos de las cintas?
— *El problema de los 4 árboles*. La reina tiene un capricho, quiere que su jardinero plante cuatro árboles a la misma distancia uno de otro, de lo contrario lo despedirá.
— *Problema de los cuadrados.* Hay 16 fósforos ordenados como aparecen en la figura 8.4. Mueva solo 3 para formar cuatro cuadrados de idéntico tamaño.

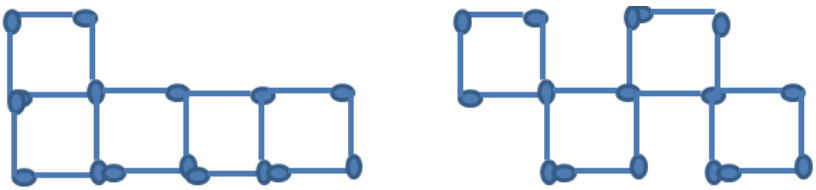


Figura 8.4. Problema de los cuadrados.

— *Problema del monje.* Una mañana, exactamente al salir el sol, un monje comienza a subir una montaña en cuya cima hay un monasterio. El monje asciende unas veces más deprisa y otras más despacio y se sienta de vez en cuando para descansar. El monje llega al templo justo antes de que se ponga el sol. Después de varios días en el monasterio comienza a bajar la montaña, justo al salir el sol. Baja unas veces más deprisa y otras más lento, descansando de vez en cuando. Su velocidad al descender es más rápida que en la ascensión, como era de esperar. Prueba que existe un punto particular a lo largo del sendero en el que el monje está en el mismo momento del día, tanto al subir como al bajar (Adams, 2001).

— *Problema de los diez árboles en cinco filas de cuatro árboles.* La reina le ha dicho al jardinero que quiere que plante diez árboles que formen cinco filas de 4 árboles cada una (figura 8.5).

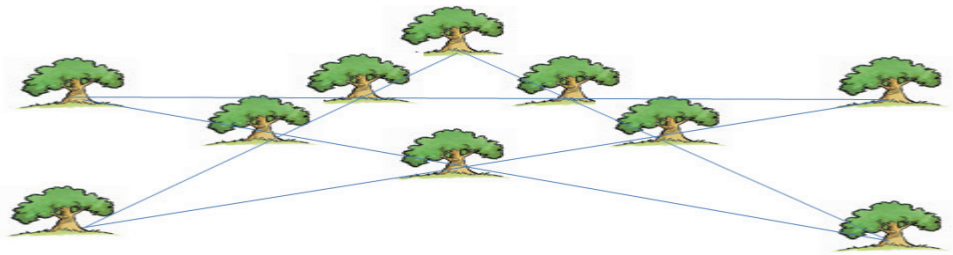


Figura 8.5. Problema de los árboles en cinco filas.

— *El problema de elegir bien la papeleta.* El gran visir tenía ojeriza a un joven que deseaba la mano de la hija del sultán. Lo acusó de un crimen, pero como no podía probar su culpabilidad, lo sometió al juicio de Dios. Escribiría dos papeletas: CULPABLE, INOCENTE. Si el joven cogía la papeleta CULPABLE, sería condenado a muerte; si escogía INOCENTE, lo dejarían libre. El gran visir le dijo al joven: No podrás librarte de la muerte porque en las dos papeletas escribiré CULPABLE. De noche se le apareció el espíritu de la verdad. ¿Qué le dijo el Espíritu de la verdad al joven para poder salvarse?
— *El problema de la buena elección de pregunta.* Un explorador está malherido, hambriento y sediento. Un nativo le indica que a corta distancia hay dos aldeas, la aldea de los que dicen la verdad y la aldea de los mentirosos. Si llega a la aldea de los primeros, recibirá ayuda; si llega a la de los segundos, se lo comerán, porque son caníbales. Estos nativos sólo responden a una sola pregunta, por lo que es muy importante elegirla bien para recibir ayuda y no ser comidos. ¿Qué pregunta le haría al nativo que se encuentre, ya que no sabe si es de una aldea o de la otra?

Además de esta división general de los problemas, se pueden establecer otras muchas basándose en otros principios de razonamiento.

8.4.1. Representación de estado-acción

En los problemas de estado-acción se suele representar con precisión tanto el estado inicial como el final, pero, aunque conocemos los operadores, existen tantas posibilidades que no es fácil elegir las mejores. El conjunto completo de elecciones se puede representar mediante un diagrama denominado *árbol de estado-acción*.

Por ejemplo, en el problema de los misioneros y los caníbales podemos comenzar con dos posibilidades: llevar dos caníbales a la otra orilla o llevar un misionero y un caníbal. Dependiendo de la elección, el estado inicial del segundo viaje en la barca será diferente. En el primer caso (dos caníbales, volviendo uno de ellos), la única posibilidad es que viajen otros dos caníbales. El problema de los misioneros y los caníbales se puede resolver con solo once movimientos, de modo que el árbol de estado-acción es de once ramas.

Existen árboles con pocos niveles y otros con un número de niveles muy superior a varios millones, como sucede con el ajedrez.

Un árbol de estado-acción simple podría ser el siguiente: *estado inicial*: levantarme por la mañana; *estado final*: llegar a la Facultad. Me levanto por la mañana con dos posibilidades: si hay agua caliente me ducho, si no hay agua caliente no me ducho. En un segundo nivel elegiría: si hay champú lo utilizo, si no hay champú utilizo gel de baño. En un tercer nivel: puedo ir a la Facultad en metro, en tren ligero, en autobús, en coche particular, en moto o en taxi. Elegiré un método de transporte. Después escogeré entre las distintas posibilidades hasta que llegue a la meta: la Facultad de Psicología. Lo importante en cualquier elección de los medios para llegar a la meta es que sean eficientes; cuanto más eficientes, mejor. Existen muchos medios que pueden retrasar enormemente la llegada a la meta.

Lo que nos ayuda a escoger los medios más eficientes es tener un conocimiento especializado en cada dominio. Quien mejor puede arreglarme el coche es quien tiene un conocimiento específico de ese dominio: el mecánico de la marca de mi coche.

8.4.2. Medios-fines

Muy ligado con el análisis *estado-acción* está el análisis *medios-fines*. En los medios-fines uno comienza preguntándose: ¿qué medios tengo para alcanzar la meta desde la situación en la que me encuentro?

El análisis de medios-fines es una técnica de resolver problemas utilizada por Newell y Simon (1972). En el análisis de medios-fines, hay que estudiar los obstáculos que se interponen entre el sujeto y la meta a la que se quiere llegar.

La eliminación de estos obstáculos (también la de los que se oponen a esa eliminación), se define como sub-meta más sencilla.

Cuando se alcanzan todas las sub-metas (se han superado todos los obstáculos), se alcanza la meta. Las sub-metas son necesarias para alcanzar algunos objetivos intermedios, teniendo siempre en mente la meta final.

La diferencia entre los dos es que divide y vencerás resulta puramente recursivo: los sub-problemas que hay que resolver son todos del mismo tipo, mientras

que el análisis medios-fines es menos recursivo y más amplio y no son todos del mismo tipo. Newell y Simon (1972) ponen el siguiente ejemplo:

Quiero llevar a mi hijo a la guardería. ¿Cuál es la diferencia entre lo que quiero y lo que tengo? La distancia. ¿Qué resuelve esta distancia? Mi coche. Pero mi coche no quiere arrancar. ¿Qué necesito para que arranque mi coche? Una nueva batería. ¿Dónde hay baterías nuevas? En un taller de reparación de automóviles. ¿Cómo consigo que me traigan una nueva batería? Llamándolos por teléfono…

Como puede apreciarse en este ejemplo, el problema general (llevar el niño al colegio) se divide en otros sub-problemas, como son cambiar la batería, llamar por teléfono, pagar la batería nueva, abrir el capó del coche, etc.

8.4.3. Reducción de objetivos

Normalmente, cuando una empresa presenta sus intenciones, lo suele hacer en varios niveles. En el primer nivel aparecen los grandes objetivos, muy generales y poco específicos; por ejemplo, mejorar la calidad de vida de la población. Este objetivo es inabarcable y difícilmente objetivable. Por eso, en un segundo nivel, aparecen objetivos más específicos, aunque también no del todo objetivables. En un tercer nivel aparecen las metas que son susceptibles de ser cuantificables y objetivables.

Lo importante es establecer con claridad metas que sean objetivables, medibles y alcanzables, que sean realistas. La meta de alcanzar la felicidad no es ni objetivable, ni medible, ni realizable, por tanto no sería una meta realista.

Algunas metas son excesivamente generales y, por tanto, no son fácilmente operacionalizables para poder conseguirlas. Para alcanzar esas metas es muy útil dividirlas en parcelas y así, al conseguir parcelas más pequeñas, es más fácil que se alcance el objetivo final.

En el problema de la torre de Hanoi podemos utilizar este método, que resulta muy útil para alcanzar la meta final. Por ejemplo, si tenemos cinco discos, una sub-meta puede ser colocar el disco más grande en el tercer eje.

Un ejemplo típico de reducción de objetivos se da en la multiplicación, división, etc. Si queremos multiplicar manualmente 234 por 432, no solemos hacerlo de una vez, sino que lo hacemos multiplicando cada uno de los números del multiplicador por cada uno de los números del multiplicando y sumando el resultado de cada una de estas operaciones.

Podemos encontrar algunas situaciones en las que no es posible dividir el problema en objetivos más pequeños, ya que algo existe en su totalidad o no existe. Nadie está un poco embarazada o un bastante muerto.

8.4.4. Árboles de Y/O

Los árboles de Y/O hacen referencia a que algunos sub-objetivos se pueden alcanzar en dos modalidades diferentes. *Un modelo O* indica que podemos alcanzar un objetivo de varias maneras posibles, todas ellas válidas (puedo ir a la Facultad en tren ligero, en taxi, en autobús, en coche, o en moto). Puedo solucionar el problema de múltiples maneras.

Un problema Y indica que un objetivo solo se puede alcanzar si cumplo dos o más condiciones necesarias. Por ejemplo: solo puedo aprobar la asignatura de Psicología del Pensamiento si apruebo la teoría y las prácticas. Solo puedo tener el título de psicólogo si he aprobado todas y cada una de las asignaturas hasta completar todos los créditos.

En ocasiones, también se puede alcanzar una meta mediante un esquema O/Y conjunto. Por ejemplo, puedo aprobar el curso aprobando esta asignatura Y esta, Y esta… o si me convalidan todo el curso.

8.4.5. Hill-Climbing. Subir a la meta por el camino más corto

Dentro del método heurístico más general existe una estrategia denominada Hill-Climbing (escalar la colina). Imagínese que está caminando por un bosque y quiere llegar a la cima de la colina. Necesita comenzar la ascensión para llegar a la cumbre. Cuando encuentra una bifurcación del camino, usted elige el camino que asciende, no el que desciende. Esta estrategia funciona del mismo modo en la solución de problemas, elegimos aquellos medios que nos conducen más cerca de la meta.

Esta estrategia es buena en muchas ocasiones. Imagínese que desea llegar a un refugio de montaña que está delante de usted, pero no puede alcanzarlo porque hay un profundo barranco entre el refugio y usted. En ese caso dará un rodeo para encontrar un puente que le permita ir al otro lado del barranco. A primera vista parece que se aleja del objetivo, sin embargo, la realidad es que su objetivo está más cerca conforme se acerca al puente que le permite llegar a la otra parte del barranco.

Esta estrategia tiene un uso limitado, porque muchos problemas requieren que uno se aparte de la meta y solo desde una mayor distancia se puede alcanzar. Por ejemplo, si su perro está ladrando desesperado dentro de su chalet. Usted intenta abrir la puerta, pero se da cuenta que no tiene la llave. En ese momento se acuerda de que la puerta de atrás está abierta. Da un rodeo, se aleja de la meta, entra por la puerta de atrás y puede tranquilizar a su perro.

Algunos compradores utilizan esta táctica de separarse de la meta para conseguir llegar a ella. Cuando un sujeto muestra mucho interés por un objeto, el ven-

dedor le pone un precio muy alto. En ese momento el comprador muestra desinterés por el objeto y el vendedor se lo ofrece a un precio mucho más bajo.

8.4.6. Solución de problemas por analogía

Posiblemente, el método más utilizado por los seres humanos para solucionar problemas es la analogía. Una analogía se produce cuando dos hechos tienen elementos comunes entre sí, de modo que una situación A es comparable a una situación B.

La distinción más frecuente que se suele hacer de la analogía es la analogía superficial y la profunda.

En una *analogía superficial,* los objetos o situaciones tienen en común algunos rasgos no esenciales. Por ejemplo, el color, la forma, el tamaño (un reloj de juguete y un Rolex pueden tener algunos rasgos comunes, sin embargo, ninguna persona entendida se dejará engañar por una burda imitación, aunque se parezcan).

En la *analogía profunda* las coincidencias entre dos objetos o eventos se basan en relaciones más importantes que la pura apariencia. Por ejemplo, un ser humano adulto y un recién nacido tienen pocas características comunes, sin embargo, la relación entre ellos va más allá de su aspecto físico superficial.

La analogía se utiliza frecuentemente para construir modelos que expliquen realidades difíciles de imaginar. Podríamos decir que la analogía la podemos encontrar en todos los ámbitos de las ciencias. Por ejemplo, la analogía entre la mente y el ordenador ha tenido mucha importancia para la comprensión de la mente humana. Su analogía no es superficial, sino profunda.

Los sujetos suelen utilizar la analogía para solucionar el problema del tumor inoperable y la táctica del general para destituir al dictador. La misma táctica se suele utilizar para solucionar el problema de los misioneros y los caníbales y los Hobbits y los Orcs, o el problema de los maridos celosos que tienen que atravesar el río en una barca en la que sólo caben dos y tiene que volver uno de ellos.

En la analogía hay que encontrar aquellas cosas que se comportan de una manera semejante o que tienen la misma funcionalidad. Hay que dejar de lado lo puramente superficial y pensar en los principios que rigen el problema. La solución del problema del tumor inoperable solo será útil para solucionar el problema del general que derroca al dictador si se comprende que los soldados que acuden por varios caminos son semejantes a los rayos que convergen en un mismo tumor, que el tumor es análogo al dictador, etc.

El problema de la analogía se simplifica si convergen en ambos eventos tanto semejanzas superficiales como profundas.

La utilización de la analogía para solucionar problemas incluye: (a) la representación del problema actual; (b) la búsqueda de un problema fuente; (c) la com-

paración de las representaciones del problema fuente y del problema actual; (d) la adaptación de la solución del problema fuente al problema actual.

Una buena representación de los problemas debe incluir tanto la estructura superficial como la profunda. Una vez que se han encontrado similitudes, se evalúa la aplicación de la solución del problema fuente al problema actual.

8.4.7. Analogía y creatividad

Siempre se ha considerado que existe una amplia relación entre la utilización de la analogía y la creatividad. La creatividad se puede considerar como la generación de algo novedoso que se adapta perfectamente a las constricciones de una tarea particular. Por tanto, las dos características fundamentales de la creatividad son la novedad y la restricción, que coinciden perfectamente con la analogía. El razonamiento analógico realiza nuevas conexiones entre situaciones o representaciones que no tienen una apariencia superficial, por ejemplo, entre ventisca y copo de nieve.

La analogía y la creatividad se apoyan en multitud de ejemplos de la vida real. Einstein descubrió la teoría de la relatividad imaginándose que el autobús en el que viajaba alcanzaba la velocidad de la luz. August Kekulé fue el primero en descubrir que las moléculas de carbono se unen entre sí después de soñar cómo una serpiente se mordía la cola.

Una clave para ver si una analogía es creativa consiste en analizar hasta qué punto los elementos emparejados están relativamente cerca o lejos con respecto a su parecido superficial (Green et al., 2010). Cuanta mayor es la distancia, mayor es la novedad, lo que hace que sea más valorada; cuanta menor es la distancia, menor es su novedad y menos valor tiene.

Algunos estudios recientes han encontrado que cuando se pregunta a los sujetos si una analogía es verdadera o falsa, se activa el córtex frontopolar, lo que indica que juega un papel en el emparejamiento de la analogía (Green et al. 2010). Este mismo núcleo no solo evalúa las analogías creativas, sino que también genera soluciones analógicas creativas a través de la distancia semántica.

8.5. Representación de los problemas

Dado que todo lo que tenemos en nuestra mente son representaciones de la realidad, no es de extrañar que cada uno se haga una composición del mundo diferente a la de los demás. Por ejemplo, los niños representan las cosas más grandes que los adultos; o a una persona le puede parecer delicioso un plato que otra persona considera deleznable.

Los investigadores se están centrando en el dominio del conocimiento, enfatizando de modo especial el papel de la representación en el éxito a la hora de solucionar problemas. Algunos autores han encontrado que el contexto de la situación en la que se presenta el problema afecta a su representación y, desde luego, a la forma en que se enfrenta el problema. Por ejemplo, el problema de los dos trenes y la paloma se puede enfrentar desde varias perspectivas.

El problema es el siguiente: *Dos trenes salen a la misma hora de dos estaciones distintas A y B. Las estaciones están a 100 km de distancia. Los trenes van a una velocidad media de 50 km por hora hacia una estación intermedia que está a 50 km de A y de B. En el momento que arrancan los trenes, una paloma, que vuela a 100 km por hora*, *emprende el vuelo desde A a B y desde B a A, de forma continua hasta que se paran los trenes en la estación intermedia*. La pregunta es: ¿qué distancia recorrió la paloma?

Una representación de la escena con la atención puesta en la distancia recorrida no lleva a una solución fácil; sin embargo, si prestamos atención al tiempo y representamos a la paloma volando durante el tiempo que los trenes tardan en encontrarse (1 hora), la solución es muy simple.

Según Markman (1999), una representación es un constructo mental que hace referencia a otros constructos físicos o mentales. Si analizamos el concepto de representación existen cuatro elementos fundamentales en todas las imágenes mentales: (a) un constructo físico o mental que sirve de representación; (b) el dominio que es representado; (c) las reglas (normalmente implícitas) que representan partes de lo representado; y (d) un conjunto de procesos que hacen uso de la información en la representación. El último punto, los procesos que hacen uso de la información, conduce a la solución del problema.

8.5.1. Percepción de las formas

Las formas que se pueden representar mediante imágenes visuales aportan una información extra que puede ser muy útil para solucionar los problemas.

El problema siguiente *(plantar cuatro árboles equidistantes)* se puede representar de dos maneras: la primera, en dos dimensiones; la segunda, en tres dimensiones. Cuando la visualización es en dos dimensiones, no es posible solucionar el problema. Cuando se representa en tres dimensiones, todos son capaces de comprender que una pirámide con una base de tres lados iguales es equidistante, por tanto, si plantamos un árbol en cada ángulo de la pirámide, los árboles serán equidistantes entre sí.

Figura 8.6. Representación del problema de los árboles en tres dimensiones.

Un problema análogo, en el que también hay que salir de las dos dimensiones y colocarse en tres dimensiones para hallar la solución, es el problema de Ormerod et al. (2002): *Hay que mover solo dos monedas de euro de modo que solo toquen a otras tres* (en la posición actual cada moneda toca 2, 3 o 4).

Figura 8.7. Solución al problema de las 8 monedas.

Es muy frecuente que las personas utilicemos más restricciones de las que propone el problema, ya que en nuestra vida cotidiana somos muy respetuosos

con las cosas que no nos pertenecen o cuya utilización puede provocarles un deterioro. Por ejemplo, en el problema de las cerillas y la vela, muchas personas estarían dispuestas a utilizar la caja de cerillas para que sostuviera la vela, pero ¿qué dirá el dueño de las cerillas? ¿Dónde coloco ahora los fósforos? Hay muchos problemas que se pueden solucionar teóricamente, pero que en la práctica presentan muchos inconvenientes. Supongamos que hay un accidente y una persona se está desangrando por una herida abierta. Una chica lleva un vestido largo, suave, de algodón blanco. Lo vemos y pensamos: sería estupendo para hacer una venda de emergencia y parar la hemorragia. ¿Nos atreveríamos a pedirle a la chica que se quite el vestido y nos lo dé para hacer una venda con él?

Tanto el contexto como la representación que nos hacemos del problema, condicionan el tipo de solución que le vamos a dar.

8.6. Resumen

Cuando nos encontramos una situación en la que no vemos la salida, solemos decir que tenemos un problema. También nos encontramos inmersos en un problema cuando estamos en una situación en la que no queremos estar y deseamos llegar a otra en la que nos gustaría estar, aunque no sabemos qué hacer para alcanzar la meta. Algunos problemas están bien definidos cuando tanto el punto de partida como el punto de llegada y los medios para llegar a la meta son conocidos. Por el contrario, hay problemas en los que el punto de partida, la meta o los medios para alcanzar la meta no están bien definidos o son desconocidos.

Los problemas bien definidos se consideran fáciles, ya que para solucionarlos aplicamos un protocolo bien establecido que nos llevará irremediablemente a la meta.

Algunos problemas se pueden solucionar aplicando un método deductivo, otros solo aplicando un método inductivo o heurístico. Los problemas que están bien definidos ofrecen todos los conocimientos (teóricos y de producción) necesarios para solucionarlos; por ejemplo cómo hacer una división o una raíz cuadrada. Los problemas que exigen el método inductivo no están bien definidos y, por tanto, carecemos de los datos necesarios para solucionarlos aplicándoles un protocolo establecido. La búsqueda a tientas de una salida (heurístico) es, entonces, el método que podemos utilizar. Algunas veces encontraremos la solución (una vacuna para prevenir la aparición de la viruela) y otras no (una vacuna para curar la esquizofrenia).

Newell y Simon han desarrollado los sistemas de producción, que consisten en una serie de reglas del tipo *si… entonces* para tratar de solucionarlos.

Otras técnicas que se han utilizado para solucionar problemas son: la representación del estado-acción, los árboles de Y/O, la subida a la colina y la reduc-

ción de los objetivos del problema. Todas estas técnicas tienen sus ventajas y sus inconvenientes, aunque todas ellas son útiles para acercarnos progresivamente a la meta o para dividir un problema en elementos más simples que ofrecen soluciones parciales del problema total.

Una de las técnicas más utilizadas para solucionar problemas es la analogía. Muchos problemas se parecen entre sí en su estructura, en sus funciones o en su desarrollo. Para solucionar problemas por analogía es importante encontrar las similitudes entre un problema que sabemos solucionar y el problema que tenemos delante. Un reloj de arena y uno de sol no son semejantes ni en su estructura ni en su desarrollo, sino en su función, la de medir el tiempo.

9
Conocimiento experto y solución de problemas

9.1. Introducción

En una película aparece una chica preocupada porque su coche no funciona. Viene un chico en otro coche, se detiene, baja del coche, se acerca a la chica y le pregunta qué le pasa a su vehículo. Ella le explica, a su manera, los problemas del coche. El chico abre el capó, aprieta un tornillo y le pide a la chica 10 €. Ella se extraña de que le cobre esa cantidad por apretar un tornillo. El chico responde que por apretar el tornillo no le cobra nada, que los 10 € son por saber qué tornillo tenía que apretar.

Los expertos son personas que lo saben casi todo de su dominio. Así, esperamos que el mecánico sepa qué hacer con un coche averiado, que el médico tenga una solución para cada dolencia o que el técnico en electrodomésticos sepa arreglar un frigorífico. Una persona es tanto más experta: cuantos más conocimientos tiene del dominio; cuanto mejor sabe cómo aplicar sus conocimientos; cuanto más rápido solucione un problema; y cuando sabe elegir el método más eficaz, rápido y económico para solucionar el mencionado problema.

Los primeros veinte años de nuestra existencia los dedicamos a conseguir ser expertos en un dominio determinado: medicina, ingeniería, economía, psicología, etc., de modo que adquiramos amplios conocimientos de ese dominio. También aprendemos a aplicar nuestros conocimientos a los casos prácticos y a hacerlo con rapidez, precisión y economía.

9.2. Conocimiento experto vs. no experto

La enorme amplitud de conocimientos de la ciencia actual impone la especialización, la división de los saberes. Nadie puede ser experto en todas las ciencias,

nuestra capacidad intelectual es limitada y solo puede abarcar un pequeño campo de la ciencia. Hoy se considera que los expertos son personas que dominan un campo específico.

Bransford et al. (1999) identificaron los principios fundamentales del conocimiento de los expertos:

1. Los expertos se dan cuenta de las características y patrones significativos de información que no son notados por los novatos.
2. Los expertos han adquirido una gran cantidad de contenidos del conocimiento que organizan en formas que reflejan una profunda comprensión de su materia.
3. El conocimiento de los expertos no puede reducirse a conjuntos de hechos aislados o proposiciones, sino que refleja los contextos de aplicabilidad, es decir, el conocimiento está "mediatizado" por un conjunto de circunstancias.
4. Los expertos son capaces de recuperar flexiblemente aspectos importantes de sus conocimientos con poco esfuerzo atencional.
5. Aunque los expertos conocen a fondo sus disciplinas, esto no garantiza que sean capaces de enseñar a otros (la comunicación entre profesor–experto y alumno –novato no está al mismo nivel de comprensión).
6. Los expertos tienen diferentes niveles de flexibilidad en su acercamiento a las situaciones nuevas.

Algunos problemas requieren conocimientos especiales. Si alguien quiere ser especialista en enfermedades del corazón, sin duda, es necesaria una formación pertinente en fisiología y bioquímica. Si quiere ser programador de ordenadores, tiene que pasar varios años aprendiendo el manejo de los lenguajes típicos de los ordenadores. Existen otros problemas que no necesitan especialización, sino que están al alcance de las habilidades y estrategias generales de cualquier persona.

Según esto, podríamos establecer una jerarquía entre las personas a la hora de solucionar problemas. Comenzando por el nivel inferior tendríamos a los novatos sin entrenamiento, los novatos con un nivel bajo de entrenamiento, los expertos con un buen nivel de entrenamiento y los expertos de alto nivel. En nuestro caso estamos más interesados en conocer cómo actúan los expertos de alto nivel, excepcionales, frente a los novatos.

9.3. Tareas en la solución de problemas complejos

La solución de problemas complejos tiene tres componentes fundamentales: (a) el conjunto de saberes o conocimientos relevantes; (b) la aplicación de estos cono-

cimientos a la solución del problema, es decir, la búsqueda de los movimientos posibles a través del espacio del problema; y (c) la representación mental del problema, en el que se coordinan y enlazan todos los movimientos posibles dentro del espacio.

El conocimiento relevante y pertinente se refiere a la cantidad de conocimiento, estructurado y jerarquizado de una manera objetiva que tiene el experto. Un experto tiene más conocimiento porque ha tenido más entrenamiento, ha leído más revistas, ha participado en más congresos y ha asistido a más conferencias que un novato.

Los movimientos posibles vienen determinados por la naturaleza del problema, por las restricciones sobre los operadores y las restricciones que se impone el sujeto (que no vienen especificadas en el enunciado del problema). Algunos sujetos se imponen restricciones imaginarias que obedecen más a su forma de ser que a la objetividad del problema presentado.

El tercer componente es la representación mental del problema. El experto debe establecer una dinámica entre los distintos componentes del problema, hacer un flujo de influencias mutuas y establecer las operaciones posibles con sus componentes hasta alcanzar la meta. En esencia, significa ser capaz de representar todo el espacio del problema y los pasos para la solución.

Supongamos que se nos presenta el siguiente problema: *Hay tres habitaciones iguales A, B y C. Carla tarda 4 horas en pintar A y Juan tarda 2 horas en pintar B. Ahora Carla y Juan van a pintar la habitación C. ¿Cuánto tardarán en pintar la habitación entre los dos?*

Una forma de organizar el problema sería la siguiente. Podemos dividir la habitación C en cuatro partes. En la primera hora Juan habrá pintado la mitad de la habitación (si tardó dos horas en pintar B, en una hora habrá pintado la mitad de C). Carla solo habrá pintado una cuarta parte de C (si tardó cuatro horas en pintar A, en una hora habrá pintado una cuarta parte de C). Para la cuarta parte que queda utilizamos el siguiente razonamiento: si en una hora (60 minutos) han pintado tres cuartas partes de la habitación, una cuarta parte la pintarán en 20 minutos (3 es a 60 como 1 es a 20). Luego, toda la habitación estará pintada en 80 minutos.

El mismo problema tiene muchas formas de representación, seguramente cada uno de los lectores ha buscado su propia estrategia.

En resumen, como afirma Schunn et al. (2005), ser experto es un factor que está relacionado con las representaciones mentales de la gente, que cuando tiene una gran cantidad de experiencia en un dominio, cuenta con un número mayor de estrategias en su repertorio que las que tienen los novatos. Además, estas estrategias son mejores y más apropiadas, su recuperación de la memoria es más rápida y puede conectar diversas estrategias para que sean más efectivas.

9.3.1. Estructura superficial y estructura profunda del problema

Todas las proposiciones tienen una estructura superficial y otra profunda. Cuando analizamos un problema podemos fijarnos en la relación que existe entre sus distintos componentes. Esta relación la podemos establecer respecto a su estructura superficial (el parecido físico entre sus elementos) o respecto a su estructura profunda (relaciones funcionales, causales o estructurales que existen entre los elementos).

Es frecuente que los novatos se fijen fundamentalmente en la estructura superficial para intentar encontrar una relación entre las partes del problema, mientras que los expertos buscan la estructura profunda de esos mismos constituyentes.

Según Chi, Feltovich y Glaser (1981), los principiantes tienden a colocar juntos todos los problemas relacionados con planos inclinados, todos los problemas que implican muelles, etc., centrando su atención en la forma superficial del problema; mientras los expertos (estudiantes de doctorado en física) ordenan los problemas de acuerdo a los principios físicos pertinentes para la solución del problema y utilizan con mayor frecuencia las analogías.

En un estudio realizado por Novick y Holyoak (1991), los datos mostraron que los participantes con una mayor "competencia matemática" (medida a través de las puntuaciones cuantitativas SAT) eran más propensos a utilizar y descubrir analogías.

9.3.2. División del problema en bloques

Una consecuencia natural del análisis de la estructura profunda de un problema es encontrar que el conjunto se puede dividir en bloques más pequeños. Esta táctica facilita tanto la comprensión del problema como su solución. A veces no es operativo intentar solucionar el problema como un todo y es mejor hacerlo solucionando los distintos bloques o etapas. Resulta que los expertos utilizan esta táctica con más frecuencia y con mayor acierto que los novatos.

Esta percepción de las unidades de orden superior no sólo ayuda a la memoria, sino que también favorece la organización de pensamiento del experto. Al centrarse en las unidades y en cómo se relacionan entre sí, el experto hace un seguimiento de las estrategias generales sin enredarse en los detalles. Además, estas estrategias son mejores y más apropiadas. Una medida de la experticia es el incremento en la experiencia que adquieren los científicos durante el tiempo que dura un experimento.

9.4. Factores que ayudan a hacerse expertos

Una de las cuestiones más importantes que podemos hacernos desde la psicología del pensamiento es si existen atajos para llegar a ser expertos.

Los investigadores han realizado algunos experimentos en diferentes campos, con resultados bastante pobres. Todavía no tenemos ideas obvias acerca de cómo se pueden enseñar los conocimientos o cómo es posible acelerar la adquisición de conocimientos. Sin embargo, se han estudiado algunos factores que pueden ayudar a que los novatos se conviertan en expertos y los expertos en investigadores excepcionales. Estos factores son: la práctica deliberada, la experiencia adaptativa y trabajar en equipo.

9.4.1. La práctica deliberada

Ericsson introdujo el concepto de "práctica deliberada" que caracteriza el entrenamiento como una actividad explícita, altamente estructurada, dirigida a la mejora del rendimiento en un dominio particular. En este sentido, los expertos inventan tareas específicas para superar las deficiencias en el rendimiento, que son cuidadosamente seguidas para proporcionar señales que los guíen para mejorar. La práctica deliberada no es una mera repetición de una determinada tarea, sino un intento por adquirir nuevas habilidades dirigidas a alcanzar una meta definida. La práctica deliberada está dirigida a conseguir habilidades cognitivas o psicomotoras, habilidades rigurosas de asesoramiento, información específica de retroalimentación y mejores habilidades de actuación. Por ejemplo, los patinadores de élite hacen saltos muy difíciles con el fin de mejorar y avanzar en su nivel de expertos (Deakin y Cobley, 2003). Es como si siempre estuvieran intentando superarse a sí mismos.

Según Erickson (2008), el rendimiento superior no se desarrolla automáticamente, ni en la educación general, ni por una amplia experiencia y conocimientos relacionados con los dominios. El rendimiento superior requiere la adquisición de complejos sistemas integrados de representaciones para la ejecución, supervisión, planificación y análisis de los resultados. Los educadores, por tanto, deben crear oportunidades de capacitación apropiadas para que un individuo desarrolle sus habilidades. Luego, los sujetos deben realizar los ajustes necesarios para mejorar aspectos específicos del rendimiento y asegurar que los cambios logrados se integren con éxito en el rendimiento.

La pregunta que surge ahora es: ¿por qué no se dedican todos los expertos a la práctica deliberada y se conforman con la mediocridad? Evidentemente existen otros factores que influyen en la decisión de retarse a sí mismos, como son el afán de superación, la perseverancia, la capacidad de aprender, la emulación, etc.

9.4.2. Expertos adaptables a los cambios

Tradicionalmente se ha dividido a los expertos en dos categorías: aquellos que tienen inquietudes y desean adaptarse a las nuevas demandas de la ciencia y aque-

llos que son rutinarios. Hantano (2003) llama expertos rutinarios a aquellos que aprenden de memoria lo que tienen que hacer y lo aplican eficientemente. La maestría fluida, por el contrario, es flexible, así como eficiente, y aplica los conocimientos de una manera eficaz; estos expertos son creativos y se adaptan apropiadamente a lo nuevo, a lo que no les es familiar.

Los expertos de rutina son eficientes y excepcionales por la velocidad, la precisión y la automaticidad del rendimiento, pero carecen de flexibilidad y capacidad de adaptación a los nuevos problemas; completan los ejercicios escolares con rapidez y precisión, pero sin entenderlos, mientras que los expertos de adaptación tienen la capacidad de aplicar los procedimientos aprendidos de una manera comprensiva, con flexibilidad y creatividad.

Los expertos adaptativos comprenden el procedimiento de solución de problemas y entienden el sentido de los principios y de los conocimientos conceptuales que guían la ejecución de los procedimientos o habilidades. Con esta comprensión más profunda, los expertos pueden "generalizar" sus habilidades a otros problemas no rutinarios.

El experto rutinario ha aprendido a solucionar problemas aplicando mecánicamente operadores a objetos, pero no entiende realmente el sentido de lo que hace; mientras que el experto adaptativo comprende el sentido tanto de los objetos como de los operadores, de modo que, si cambian de signo o de lugar los objetos y los operadores, sabrá reestablecer las relaciones entre todas las partes del problema y sus operadores. Por ejemplo, sabrá perfectamente que esta ecuación: $5x + 2x + 10 = 31$ es exactamente la misma que: $5x + 2x = 31 - 10$.

Por otra parte, los expertos de adaptación tienen la tendencia o predisposición a aprender mientras realizan operaciones sobre objetos. Es decir, durante la práctica o la ejecución de una habilidad, los expertos de adaptación tratan de aprender de lo que hacen, también buscan la ayuda de otros y experimentan con nuevas ideas, como si nunca estuvieran satisfechos con lo que saben y pueden hacer (Bransford y Schwartz, 2009).

9.4.3. El grupo mejora a los expertos

La colaboración entre un grupo de expertos tiene la ventaja de que cada uno puede aportar sus conocimientos para la solución de un problema. Los estudios interdisciplinares abordan diferentes cuestiones desde la perspectiva de diferentes especialidades. Por otra parte, dado que las diferentes disciplinas tienen métodos distintos, es muy probable que los especialistas aporten nuevas formas de enfrentar un mismo problema.

Desde un punto de vista cognitivo se llevan a cabo actividades que parecen ocurrir de una manera natural en situaciones de aprendizaje en colaboración, co-

mo hacer preguntas o dar explicaciones. Esto, se asume, cambia las estructuras cognitivas de los participantes, ya que los individuos pueden internalizar gradualmente las habilidades de colaboración y las estrategias cognitivas que pueden ser útiles en otros contextos.

Una de las razones por las que los grupos funcionan mejor es porque los individuos dentro del grupo tienen un mayor volumen de conocimiento. Así, el conocimiento de cada uno permite resolver más problemas. Aquí se aplica la idea de *complementariedad*. Hausmann, Chi y Roy (2004) han propuesto la idea de *co-construcción;* según esta idea, dos o más personas juntas pueden crear un nuevo modo de comprender que ninguno de ellos podría haber creado por separado.

Un grupo de trabajo es un equipo en el que cada miembro tiene un papel determinado. Los grupos discuten los problemas, aportan soluciones desde diferentes perspectivas y coordinan esfuerzos para alcanzar las metas propuestas. Mientras funciona el equipo, cada uno de sus miembros aporta sus conocimientos para llevar a cabo su función con eficacia, también aprenden de las aportaciones de los demás y contrastan sus opiniones con las del resto del grupo. Lo fundamental en el grupo es la coordinación de los expertos, ya que, en primer lugar, su eficacia depende de la capacidad de cada experto para resolver un problema en su área temática, es decir, la eficacia en los nodos de red; en segundo lugar, depende de la colaboración de los expertos para tomar decisiones sabias, basando su comprensión del problema en las aportaciones de los otros expertos.

En resumen, podríamos decir que los expertos clasifican los problemas basándose en la estructura profunda, mientras que los novicios los clasifican según sus características superficiales. Los expertos tienen conocimientos organizados jerárquicamente (alrededor de los principios básicos), mientras que el conocimiento novato está menos organizado (no tienen la experiencia necesaria para conectar la información nueva con lo que ya saben). Los expertos comienzan con ecuaciones generales, mientras que los principiantes comienzan con ecuaciones específicas. Los principiantes tienden a usar un enfoque de medios-fines, es decir, trabajan hacia atrás (parten de la respuesta para resolver o enfocar el problema), mientras que los expertos trabajan hacia adelante. Los expertos ven los problemas como un proceso, mientras que los novatos ven la tarea como un problema de memoria. Los expertos utilizan representaciones cualitativas extensivamente, mientras que los novatos tienen más problemas con las representaciones.

9.5. Estudios sobre los expertos en el juego del ajedrez

El juego del ajedrez ha sido utilizado por los investigadores para estudiar las habilidades de los expertos por varias razones. La fundamental es que existe una escala reconocida internacionalmente que mide la pericia de los sujetos que se enfren-

tan en torneos; es la conocida escala ELO de ajedrez. Los grandes maestros obtienen una puntuación superior a 2500 puntos. Los que comienzan en torneos regionales obtienen una puntuación cercana a los 1000 puntos. Los que juegan en torneos nacionales están entre los 1200 y los 1900 puntos. Por tanto, es muy fácil distinguir entre grandes maestros y novatos.

En los movimientos del ajedrez podemos considerar dos tiempos fundamentales. En primer lugar, existen aperturas de juego que son clásicas y utilizan muchos jugadores expertos. Todos los que tienen alguna experiencia en este juego saben que existen aperturas más beneficiosas que otras y que al comienzo de la partida hay algunos movimientos que pueden llevarnos a perder irremediablemente. Muchos jugadores repiten las mismas jugadas en las primeras fases del juego, jugadas que han aprendido y memorizado. Con el desarrollo del juego, aparecen posiciones y circunstancias que nos hacen ser creativos, ya no podemos seguir un patrón definido de movimientos, como en la apertura del juego.

De acuerdo con Ericsson, Krampe, y Tesch-Römer (1993), los jugadores de ajedrez invierten unas 2500 horas en el aprendizaje de las primeras jugadas de salida y unas 5000 horas en aprender estrategias ante situaciones posteriores a la salida.

Los temas principales que se han investigado con el ajedrez han sido la memoria a corto y a largo plazo (número de jugadas, posiciones de las piezas sobre el tablero), las plantillas que forman un conjunto de piezas (grupos de piezas que colaboran en un ataque o en la defensa mutua o del rey) y el pensamiento estratégico (conjunto de movimientos coordinados para alcanzar la meta).

9.5.1. Memoria a corto y a largo plazo en el juego del ajedrez

En un estudio pionero llevado a cabo por de Groot (1965) se examinaron las diferencias entre los jugadores en cuatro niveles: un gran maestro que es campeón del mundo, un maestro alto, un jugador experto y uno novato. Se les presentaron catorce posiciones de algunas piezas de ajedrez. Tanto el gran maestro como el maestro, fueron capaces de recordar las posiciones en el tablero con un 93% de aciertos, mientras que los dos jugadores inferiores solo recordaron un 68% y un 51%, respectivamente. Cuando se les presentaron a estos mismos sujetos piezas de ajedrez colocadas aleatoriamente, sin correspondencia a un juego normal (por ejemplo, con 3 alfiles del mismo color), los aciertos fueron equiparables en los cuatro niveles. En vista de estos resultados, de Groot sacó la conclusión de que un maestro es maestro en virtud de la experiencia que ha conseguido acumular y que se muestra a través de: una forma académica y altamente específica de percibir el tablero y un sistema de métodos reproductivos disponibles en la memoria.

Otros autores han encontrado que los maestros eran capaces de recordar mejor que los novatos las posiciones con significado, pero no se podía aplicar a las piezas colocadas al azar.

9.5.2. La teoría de los agrupamientos de las piezas de ajedrez

Chase y Simon (1973), basándose en los estudios anteriores, desarrollaron la teoría conocida como del agrupamiento *(chunking theory)* para explicar la memoria en el ajedrez. De acuerdo a estos autores, los jugadores de ajedrez guardan conjuntos de piezas ordenadas según su funcionalidad en la memoria a largo plazo. Estos agrupamientos pueden ser unidos, a su vez, con otros conjuntos para formar un sistema más amplio. Así, cuando los jugadores ven un tablero pueden reconocer grupos familiares y formar unidades con ellos. La memoria a corto plazo puede trabajar fácilmente con estas agrupaciones y recuperarlas con rapidez de la memoria a largo plazo.

Aunque esta teoría tuvo mucho éxito inicialmente, pronto se encontró con escollos insalvables.

Algunos autores sugieren que la memoria en el ajedrez es el resultado de codificar la información en la memoria a largo plazo. Algunos estudios posteriores llevaron a la conclusión de que los resultados de algunos experimentos se explicaban mejor en términos de conocimiento de alto nivel conceptual asociado con cada posición, que en términos de percepción de conjuntos de piezas.

9.5.3 El modelo de plantilla

Según Gobet y Simon (1996), una plantilla la forman unidades sofisticadas de memoria que se materializan solo en las últimas etapas del desarrollo de los expertos.

En el juego del ajedrez, una plantilla típica codifica la posición de una docena de códigos e incluye posiciones opcionales cuyos valores se determinan durante el reconocimiento. También, debido a su flexibilidad perceptual, las plantillas tienen acceso a una rica base de datos.

Un gran maestro mantiene en la memoria miles de patrones, cada uno de los cuales tiene la ubicación de diez o doce piezas con sus valores predeterminados. Además, cada plantilla consta de un núcleo (la información fija de patrones reconocidos) y ranuras (información variable, no esencial sobre otras piezas individuales). Las ranuras se pueden rellenar con otras piezas que tengan un valor funcional equivalente.

9.5.4. Teoría del reconocimiento-acción

Según Chase y Simon (1973), el mecanismo de reconocimiento-acción permite el reconocimiento de patrones de piezas en el tablero. Estos patrones sugieren posibles movimientos al activar la representación interna del tablero, lo que se denomina ojo de la mente. Parece ser que cada patrón familiar sirve como una condición para la producción. Si se satisface esta condición, el resultado es una acción que evoca un movimiento asociado con este patrón y trae el movimiento a la memoria de trabajo para su consideración.

Los jugadores maestros pueden acceder a mayor cantidad de patrones reconocibles que los jugadores novatos.

Para Chase y Simon, el proceso más importante que subyace a la maestría en el ajedrez son estos procesos inmediatos viso-perceptivos y no los posteriores procesos de pensamiento lógico-deductivo.

Según esta teoría, la velocidad de los movimientos del gran maestro no debería verse afectada cuando el tiempo para pensar en limitado. Gober y Simon compararon los movimientos de fichas de Gary Kasparov, campeón del mundo, en torneos normales y en torneos simultáneos. En los torneos simultáneos apenas si se tienen unos segundos para mover una pieza, mientras que en los torneos normales el tiempo es de unos 3 minutos. Kasparov venció a todos menos a uno de los miembros del equipo nacional suizo en un juego simultáneo.

9.6. Sistemas expertos

Una vez conocidas las habilidades de los expertos humanos, se podría pensar en construir programas expertos de ordenador que pudieran aplicar los conocimientos humanos sobre un dominio y las operaciones pertinentes para solucionar un problema o alcanzar una meta.

Los ordenadores tienen cualidades que son muy parecidas a las del cerebro humano: reciben información, la organizan, la almacenan y la recuperan cuando es necesario. Aunque existen diferencias significativas, el producto final de un cerebro humano y el de un ordenador son básicamente iguales. Su principal virtud es que pueden manejar una gran cantidad de información en unos milisegundos y hacer millones de operaciones con los datos que tienen en su memoria. Su trabajo, sin duda, es un trabajo rutinario, pero tremendamente útil a la hora de ofrecer resultados protocolarios.

Un sistema experto es una rama de la inteligencia artificial aplicada, desarrollado a mediados de los años 1960. Básicamente es un programa de ordenador diseñado para soportar el conocimiento acumulado de uno o varios dominios. La idea básica es que el vasto cuerpo de conocimientos y de tareas específicas exper-

tas sea transmitido de un humano a un ordenador. Este saber se almacena en el ordenador y los usuarios pueden pedir consejos específicos sobre el conocimiento experto. El ordenador está capacitado para hacer inferencias y llegar a conclusiones específicas del dominio; también puede explicar los procedimientos llevados a cabo para llegar a esa conclusión.

De entre los primeros sistemas expertos podemos destacar:

— DENDRAL (1965), utilizado para identificar la estructura química de los materiales a partir de los datos de un espectrógrafo de masas.
— MYCIN (1979), un sistema médico para diagnosticar desórdenes de la sangre y las infecciones bacterianas.
— PUFF, un sistema que ayuda a los médicos a diagnosticar las condiciones respiratorias.
— PROSPECTOR, usado por los geólogos para identificar sitios para perforación o la explotación de minas.

Los componentes básicos de un sistema experto son: (a) el conocimiento base, que es una colección de hechos y de reglas que describen todo el conocimiento sobre un dominio; (b) el motor de inferencia es la parte del sistema que elige qué hechos y reglas se deben aplicar cuando se intenta resolver la consulta de un usuario; y (c) la interfaz del usuario es la parte del sistema que transforma la consulta del usuario en una forma legible para el ordenador, la pasa al motor de inferencia y luego muestra los resultados al usuario.

Todos los sistemas señalados anteriormente van de atrás hacia adelante (por ejemplo, si alguien tiene estos síntomas, entonces tiene esta enfermedad). El programa TIRESIAS, por el contrario, actúa de delante hacia atrás (sabiendo lo que quiero conseguir, ¿qué debo hacer?). Lo mismo que Tiresias, el adivino de Tebas en la mitología griega, el programa TIRESIAS juega el papel de mediador entre otros programas expertos.

TIRESIAS es el primer motor de cómo hacer consultas. Una vez que hemos introducido los datos pertinentes, preguntamos: *¿cómo deben cambiar los datos de entrada para lograr el resultado deseado?* Este programa ejemplifica un problema importante de reversión de la gestión de los datos. TIRESIAS tiene un complejo funcionamiento interno, pero incluye una interfaz simple que permite a los usuarios cargar conjuntos de datos y diseñar interactivamente la optimización de los problemas seleccionando acciones, indicadores claves de actuaciones y objetivos. Las preferencias del usuario se traducen después a una consulta declarativa, que es procesada por TIRESIAS y traducida a un programa íntegro mixto (MIP). Posteriormente, usamos un solucionador MIP para encontrar una solución. La solución se presenta al usuario como un conjunto de datos interactivos. El usuario puede aportar *feedback* al rechazar ciertos valores. Entonces, utilizando el

feedback del usuario, TIRESIAS redefine automáticamente cómo hacer preguntas y presenta un conjunto nuevo de resultados.

9.7. ¿Cómo llegar a ser experto?

Según dijimos más arriba, cuando un individuo quiere ser un experto de élite tiene que trabajar en equipo, hacer prácticas deliberadamente, poniéndose como reto mejorar cada día sus capacidades y tiene que ser flexible, de modo que sepa acomodarse a los cambios.

Para ser un experto rutinario, según Ericsson (2010, p.412), "todo el mundo, incluso los individuos más talentosos, necesita invertir 10 años de compromiso activo en un dominio para convertirse en experto". Por otra parte, la duración de la participación activa requerida para alcanzar los más altos niveles de rendimiento se ha estimado en 10000 horas.

La pregunta que se hacen los investigadores es si existe algún atajo para que los estudiantes se conviertan en expertos. Esta es una pregunta importante, ya que los estados y los individuos invierten grandes cantidades de dinero, esfuerzo, tiempo y otros recursos para hacer que un novato se convierta en experto. Por lo tanto, para maximizar el impacto del tiempo empleado en la práctica y adquisición de las habilidades requeridas, es imperativo que diseñemos unas experiencias de aprendizaje lo más eficaces posibles. Por parte del estudiante, es necesario que cada individuo esté muy motivado para aprender y mejorar.

Algunos autores exponen la necesidad de realizar dos tipos de prácticas para conseguir ser un experto: las que desarrollan las habilidades individuales, a las que denominan *componente de las habilidades* (estas por sí mismas no preparan a los estudiantes para llevar a cabo tareas complejas) y las prácticas que requieren habilidades para ser integradas en orden a abordar de manera más desafiante problemas reales.

Para Ambrose et al. (2010), las prácticas que pueden mejorar la motivación de los estudiantes se centran en tres factores: que los estudiantes perciban el valor de la experiencia de aprendizaje, que tengan la expectativa de que pueden crear y ejecutar un plan para tener éxito en una tarea de aprendizaje, y que perciban que el entorno de aprendizaje creado por el instructor apoya su aprendizaje.

Algunos autores se han preguntado si el rendimiento excepcional se debe a diferencias genéticas, como defendió Francis Galton en *Hereditary Genius*.

Ericsson y otros muchos autores defienden, sobre la base de sus investigaciones, que es posible considerar el alto rendimiento de algunos niños sin recurrir a un talento innato (genética). Por el contrario, estos autores proponen que las distintivas características de actuación excepcional son el resultado de la adopción

de extensas e intensas actividades prácticas que selectivamente activan genes durmientes que tienen todos los individuos sanos en su ADN.

La práctica deliberada explica la aparente emergencia de talentos precoces. En estos casos se pueden identificar los factores que influyen en edades muy tempranas, como son el entrenamiento y la dedicación acumulada en prácticas deliberadas durante largos periodos de tiempo. Estos factores son la motivación, el apoyo de los padres y el acceso a los mejores profesores y medios para su entrenamiento. La investigación empírica y las revisiones externas muestran que el desarrollo de la actividad experta está ligada al compromiso en la práctica deliberada y en el acceso a los recursos disponibles para el entrenamiento (Ericsson, Nandagopal y Roring, 2009).

Respecto a acortar el tiempo para convertir a un novato en experto, existe una dialéctica entre la mejora de la técnica, que facilitaría su uso y su utilización para otros fines, y los nuevos descubrimientos que facilitan la nueva tecnología. Cuanto mayor es el desarrollo de la técnica de investigación, más profundamente se conocen los objetos. Cuanto más sensibles y potentes son los instrumentos de investigación (por ejemplo, los microscopios), más conocemos la composición y el funcionamiento de las células; por tanto, si los instrumentos nos facilitan la investigación, también nos dan mayor cantidad de datos que debemos tener en cuenta a la hora de solucionar problemas.

Llegar a ser experto en la actualidad es una carrera contrarreloj en la que no podemos dejar de aprender e investigar. Un experto en cirugía cerebral, por ejemplo, no puede dejar de aprender constantemente, ya que las revistas están inundando de nuevos conocimientos esta especialidad. Un experto de élite no puede acortar el tiempo para ser experto, sino que debe alargarlo porque no existe un límite en la investigación y en el descubrimiento de nuevos campos.

9.8. Expertos excepcionales *(idiots savants)*

Existe un trastorno neurológico que asocia una sorprendente combinación de comportamientos excepcionales con marcadas deficiencias cognitivas. Hay una minoría, dentro de este Trastorno del Espectro Autista, que muestra algunas habilidades creativas excepcionales, alcanzando niveles de genio en algunos casos. A estos individuos con dotes excepcionales para la pintura, la música o las matemáticas, se les denomina *idiots savants*.

Los rasgos más frecuentes en los autistas son la rigidez, los comportamientos estereotipados, la preferencia por no cambiar y una falta considerable de imaginación. Muestran también falta de juego simbólico, de lenguaje pragmático, de comprensión y construcción de la narrativa, ausencia de una teoría de la mente y creatividad.

Sin embargo, un pequeño grupo de individuos muestra un talento creativo excepcional y habilidades fuera de lo común. Las características del *idiot savant* son que tiene creatividad, gran persistencia, capacidad de ver los detalles dentro de un todo e interés por los hechos (no por las personas). El desarrollo de los talentos especiales de los autistas se ha asociado, en general, con la capacidad de procesar la información local, centrarse en los detalles, el aumento del funcionamiento perceptual, una gran capacidad de sistematización, el acceso privilegiado a los procesos perceptivos de bajo nivel y a otros estados psicológicos y fisiológicos.

9.8.1. Teorías sobre los idiots savants

No existen suficientes datos empíricos para establecer una teoría unificada del autista sabio, por eso se han presentado algunas teorías explicativas. Aunque ninguna puede explicar los mecanismos cognitivos que subyacen al desarrollo de las habilidades de los *savants,* como son una memoria prodigiosa, una percepción atípica y una excelente atención al detalle.

Entre otras, podemos destacar las siguientes teorías:

- *Coherencia central débil.* Frith, en su obra *Autism: Explaining the Enigm* (1989), afirma que los talentos y habilidades especiales se deben a una percepción aguda en el autismo (hipersensibilidad visual y auditiva), lo que podría explicar las habilidades de los *savants* en el arte, la ciencia, las matemáticas y otras áreas. También la excesiva atención a los patrones mecánicos y físicos, como explica la célebre autista Temple Grandin. Estas habilidades excepcionales se fundamentan en mecanismos atencionales atípicos y en una conectividad neuronal anómala.
- *Funcionamiento perceptual mejorado.* Mottron y sus colaboradores basan las habilidades excepcionales de los autistas en el funcionamiento perceptual mejorado, sugiriendo que los autistas tienen un desarrollo excesivo de las capacidades perceptivas de bajo nivel a expensas de los mecanismos de procesamiento abstracto de un nivel superior. Como fundamentos neuronales de estas habilidades se proponen la plasticidad del cerebro y una activación por encima de lo normal de las regiones del cerebro implicadas en la percepción.
- *Teoría de la sistematización propuesta por Baron-Cohen.* Baron-Cohen y su equipo proponen en su obra *Talent in autism,* publicada en 2009, que los *savants* tienen una capacidad superior en el reconocimiento de patrones que se repiten en los estímulos (números, espacio, mecánica, sonidos, etc.). Esta capacidad está muy debilitada en campos que no son fácilmente sistematizables, como puede ser un chiste o la ironía. La base neuronal de

esta habilidad podría ser una superconectividad local de las partes posteriores de la corteza sensorial.

- *Teoría del procesamiento de la información de bajo nivel.* Snyder, en su obra *Explaining and inducing savant skills* (2009), explica que las habilidades fuera de lo común de los *savants* se podrían deber al acceso a las primeras etapas del procesamiento de la información. Los *savants* podrían tener acceso a la información inconsciente mediante la desinhibición de las redes inhibidoras asociadas a la formación de conceptos. Algunos experimentos con estimulación magnética transcraneal han tenido éxito en el aumento de la percepción visual.
- *Teoría del síndrome de desinhibición.* Esta teoría sostiene que una disminución de la conciencia de sí mismo, que es una característica de las personas autistas, asociada con la disfunción del hemisferio derecho, podría ser ventajosa en el desarrollo de los talentos especiales de los *savants*, ya que la creatividad es "un síndrome de desinhibición", es decir, las personas altamente creativas carecen de inhibición cognitiva, según Lyons y Fitzgerald (2013).

9.8.2. Bases neurológicas de las habilidades de los savants

Aunque se ha propuesto anteriormente que la experticia se debe fundamentalmente al trabajo deliberado, a trabajar en equipo y a dedicar muchas horas a una actividad, la excepción la tenemos en los *savants*. Estos individuos parece que realizan algunas actividades sin esfuerzo alguno, sin haber dedicado largos periodos al aprendizaje de una habilidad y sin que se den mejoras a través de la práctica. Los científicos se preguntan si existe alguna configuración especial de sus cerebros, tanto a nivel anatómico como neurológico.

Se ha investigado la asimetría cerebral atípica en el autismo; por ejemplo, existe un desarrollo anormal del tamaño de algunas estructuras corticales del hemisferio derecho. Las habilidades del *savant* están vinculadas con el hemisferio derecho, que es dominante para la atención, la función visoespacial y emocional. Las habilidades del hemisferio derecho se pueden caracterizar como no simbólicas, artísticas, concretas y directamente percibidas, en contraste con las habilidades de hemisferio izquierdo, que son más secuenciales, lógicas y simbólicas. Según esto, tenemos que las habilidades de los *savants* son musicales, artísticas, visuales, espaciales y matemáticas.

Algunas alteraciones de las estructuras cerebrales también pueden ser las causantes de las habilidades de algunos autistas. Por ejemplo, el mayor tamaño del hipocampo en los autistas puede estar asociado con el procesamiento visual, espacial, matemático y mecánico, el cálculo y la memoria. Algunos estudios hechos

con RMf han encontrado que el tamaño del cuerpo calloso es menor en el autista, lo que explicaría que la conectividad cerebral inter-hemisférica sea menor en individuos autistas.

9.9. Resumen

Hemos analizado las características del conocimiento de los expertos y de los novatos, poniendo de manifiesto que existen diferencias cualitativas entre ambos en el tratamiento de los datos que constituyen un problema. Los expertos se fijan en la estructura profunda, mientras que los novatos analizan la estructura superficial y organizan el problema intentando encontrar las partes que lo componen para solucionar cada una de las partes por separado. Además, las estrategias de los expertos son mejores y más apropiadas.

El camino para ser expertos de alto nivel pasa por una práctica deliberada, dirigida a conseguir habilidades cognitivas y mejores habilidades de actuación, proponiéndose cada vez retos superiores. También ayuda a ser expertos el ser flexibles y adaptarse a las exigencias del medio para ser más eficaces según las circunstancias se presenten. Los expertos también suelen trabajar en equipo, lo que mejora tanto la cantidad de conocimientos que tiene el grupo, como las distintas visiones del problema y las diferentes habilidades de cada experto.

Hemos prestado atención a los expertos en el juego del ajedrez como un modelo bien establecido y jerarquizado dentro de los maestros a nivel de campeones del mundo, de jugadores de élite internacional, etc. Los jugadores de ajedrez tienen una mejor memoria para los conjuntos de piezas que guardan tanto una configuración defensiva como ofensiva, pero no para las piezas colocadas al azar.

También hemos propuesto algunos modelos de sistemas expertos para ordenador. En estos sistemas se vuelca el conocimiento de varios expertos y se les equipa con un motor de inferencia, que es la base para el tratamiento de los datos, y de una interfaz de usuario que traduce las preguntas a fórmulas protocolarias.

Nos hemos preguntado cómo llegar a ser expertos. La respuesta está en el trabajo continuo y deliberado al menos durante 10 años, el trabajo en equipo y la flexibilidad del experto. El paso de un experto rutinario a un experto de élite requiere una fuerte motivación de logro, el apoyo de los padres y el acceso a los mejores profesores y a los medios necesarios para llegar a ser expertos. Muchos autores no creen que existan genes específicos para hacer que algunos sean expertos y otros no, sino que todos tenemos esa capacidad si cumplimos los requisitos establecidos anteriormente.

Sin embargo, existen algunos sujetos que tienen una facilidad fuera de lo común para desarrollar ciertas habilidades, estos son los *idiots savants*. Algunas características de sus cerebros les dan una capacitación especial para la música,

los números y la pintura. Se ha considerado la asimetría cerebral atípica, la dominancia del hemisferio derecho del cerebro, el mayor tamaño del hipocampo y el menor tamaño del corpus callosum como posibles responsables de sus habilidades excepcionales.

10
Creatividad

10.1. Introducción

Una de las características esenciales del ser humano es su capacidad de inventiva, es decir, de crear cosas nuevas para adaptarse mejor a su medio ambiente. La creatividad es el desarrollo de nuevos conocimientos, nueva tecnología, diferentes formas de ver la realidad y plasmarla en creaciones artísticas ingeniosas y, a veces, atrevidas formas de solucionar problemas.

Los psicólogos han pensado que el estudio de la creatividad es esencial para favorecer el progreso humano. Si queremos que se produzcan avances en las ciencias, en la expresión plástica y en las humanidades, debemos comprender mejor el proceso creativo, qué lo favorece y qué lo inhibe. En la breve historia de la psicología se aprecia un interés creciente en este campo a partir del apogeo de la psicología cognitiva, aunque también ha aparecido una fragmentación en las últimas décadas.

El crecimiento del número de investigaciones experimentales en este terreno ha producido una mejor comprensión y se han hecho importantes contribuciones desde una variedad de disciplinas (ciencias sociales, economía, ingeniería, física, etc.). La complejidad de la creatividad está demandando en la actualidad una mayor interdisciplinaridad, ya que su estudio necesita que muchas fuerzas interrelacionadas aborden el tema desde diferentes niveles.

10.2. ¿Qué es la creatividad?

Podríamos definir la creatividad como la habilidad para producir algo novedoso, original y no previsible, de alta calidad y de utilidad para la sociedad. Ser creativo es importante tanto para el individuo como para la sociedad en un amplio dominio de tareas. Por ejemplo, cuando un antepasado nuestro inventó la honda y pudo

lanzar objetos a distancia, su artilugio le sirvió a él para cazar sin tener que acercarse a los animales peligrosos y a la sociedad que adoptó este instrumento, para una gran variedad de funciones, como la caza, la autodefensa, guiar rebaños etc. (Stemberg et al., 2005).

La creatividad tiene una enorme importancia tanto en el desarrollo del conocimiento humano como en la economía. El bienestar alcanzado por Europa y Estados Unidos en el siglo XX se produjo gracias al desarrollo de tecnología puntera que no tenían el resto de los países. Estos estados vendieron su tecnología a un alto precio al resto de países, crearon gran cantidad de puestos de trabajo e invirtieron mucho dinero en investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías.

Al ser la creatividad un constructo muy complejo, no es de extrañar que existan divergencias respecto a la definición. El concepto de creatividad engloba aspectos que son muy diferentes entre sí; por ejemplo, la creatividad de los artistas no tiene gran parecido con la creatividad de los científicos.

10.3. Diferentes modelos en el estudio de la creatividad

Algunos paradigmas en la historia de la psicología han considerado de una manera especial el estudio de la creatividad, aunque su desarrollo más vigoroso ha tenido lugar en los últimos 30 años. Los acercamientos más significativos, por orden cronológico, se exponen en los siguientes apartados.

10.3.1. Visión mística de la iluminación creativa

La creatividad ha estado siempre rodeada de un cierto misterio. En muchas ocasiones la inspiración aparecía de improviso y el ser humano se sentía poseído por una idea que tenía que llevar a la práctica perentoriamente. Como el creativo tiene un campo de especialización característico, se suponía que existían musas (divinidades que presidían diferentes artes) que conocían todas las ciencias y artes y podían enseñárselas a los humanos. Así, Platón decía que los poetas solo podían escribir lo que les dictaban las musas. Picasso lo expresaba de esta manera en una entrevista concedida en 1954: *"Una pintura viene a mí desde lejos. ¿Quién sabe desde dónde? La adivino, la veo, la hago y, sin embargo, al día siguiente no veo lo que he hecho. ¿Cómo puede alguien penetrar en mis sueños, mis instintos, mis deseos, mis pensamientos, que han tenido mucho tiempo para elaborarlo y traerlo a la luz y, sobre todo, atrapar todo lo que traen, tal vez contra mi voluntad?"*

También Rudyard Kipling afirmaba que un demonio vivía en su pluma cuando escribía *El libro de la selva* y otros más.

Este acercamiento presenta la creatividad como algo misterioso, inexplicable; por tanto, la ciencia no tiene nada que hacer para comprenderla. Algunos han pensado que, tal como sucede con el sentimiento del amor, no se puede explicar científicamente, de lo contrario lo destruyes.

10.3.2. Visión pragmática

La visión pragmática está más interesada en la práctica que en la teoría, su interés fundamental está más en desarrollar la creatividad que en comprenderla. Lo típico de esta visión es construir métodos y ambientes donde se pueda producir la creatividad.

DeBono (1971) desarrolló el *pensamiento lateral,* que consiste en analizar las cosas de una manera amplia y desde varios puntos de vista. Otros instrumentos que ayudan a tener ideas creativas son: el análisis de puntos *plus-minus-interesante*; el examen de los fines, metas y objetivos, que se utilizan para clarificar el pensamiento, por ejemplo, cuando se consideran nuevas iniciativas; la *consideración de todos los factores*, este método asegura que no hemos pasado por alto ninguna posibilidad; el de *los sombreros para pensar* (cuando te colocas un sombrero blanco es para recoger una base de datos; el rojo, para tener pensamientos intuitivos; el negro, para la crítica; el verde, para generar ideas desde diversos puntos de vista).

Una de las técnicas más conocidas y utilizadas por los grupos es la llamada *tormenta de ideas* (Osborn, 1953).

Algunos autores creen que las personas suelen construir falsas creencias que les impiden ser creativos, incluso son castigados por salirse de las normas establecidas. Ochse (1990) piensa que las mujeres son poco creativas debido a restricciones que se imponen ellas mismas. Los creativos eminentes tienden a desarrollar un particular tipo de habilidad a una edad temprana. Las chicas en el pasado no eran animadas a llevar a cabo empresas creativas y raramente tenían la oportunidad de tener mucho tiempo para sí mismas, pues sienten mucha necesidad de tener contacto social.

Aunque estas técnicas son interesantes, carecen de un sustrato de investigaciones y de teorías que le den soporte científico.

10.3.3. Visión psicoanalítica

Entre los mecanismos de defensa del yo se encuentra la sublimación, una forma de satisfacer las pulsiones del ello. La censura del superyó no permite que ciertas demandas del ello se satisfagan directamente, pero el yo tiene algunas estrategias

que posibilitan esta satisfacción de forma indirecta. Así, los escritores y los artistas producen obras creativas para expresar los deseos del inconsciente de una manera aceptable socialmente. Estas pulsiones inconscientes pueden ser el poder, la riqueza, la fama, el sexo. Freud (1910, 1911) estudió a Leonardo da Vinci y llegó a la conclusión que su obra estaba fuertemente influida por las pulsiones de poder y sexo: *"la investigación se convierte aquí en actividad sexual, con frecuencia la única de este orden, y el sentimiento de sublimación en ideas y en claridad intelectual sustituye a la satisfacción sexual"*.

Kris (1952) introdujo el concepto de *regresión adaptativa*. La regresión al servicio del yo es una regresión que no debilita al ego, sino que lo hace más sano y fuerte. Así, el yo puede tener acceso a niveles más profundos y anteriores para *elaborar* recursos y nuevos modos de expresión orientados a la realidad. De esta manera se puede explicar el talento artístico y la creatividad bajo el dominio de los *procesos primarios*. Otros autores creen que en la regresión no existe nada que pueda llevar a la creatividad, ya que la creatividad es pura progresión.

Aunque el estudio de Freud marcó un hito en la investigación sobre personajes creativos, sus sucesores apenas han seguido esta línea de análisis.

10.3.4. Estudios psicométricos de la creatividad

Una de las metas fundamentales de la psicología es cuantificar, en la medida de lo posible, cualquier tipo de actividad del individuo. Si la creatividad se puede definir de una manera operativa, entonces se pueden crear escalas que la midan. El primer psicólogo que propuso cuantificar la creatividad fue Guilford (1950), quien elaboró un test de papel y lápiz, el *test de usos inusuales,* con el que medía cuántos usos se les ocurrían a los sujetos que podían darle a un objeto común (por ejemplo, un ladrillo). Su idea fundamental para medir la creatividad era el *pensamiento divergente* (un pensamiento que se aparta de la forma más frecuente de pensar sobre algo).

Torrance (1974) ha desarrollado una extensa batería de pruebas de pensamiento divergente que miden una serie de dimensiones apuntadas por Guilford: fluidez, flexibilidad, originalidad y elaboración. Las fortalezas creativas son la expresividad emocional, la claridad narrativa, los movimientos y las acciones, la expresividad en los títulos, completar figuras incompletas, la utilización creativa de círculos y líneas, la visualización inusual, insight, ampliar o sobrepasar los límites, el sentido del humor, la riqueza y el colorido de las imágenes en la fantasía (Kim, 2006).

Muchos autores han estudiado la relación entre creatividad e inteligencia (CI). Parece existir acuerdo en que las personas creativas tienen un CI superior a 120. Esto no quiere decir que todos los que tienen un CI por encima de 120 sean creativos; pero por debajo de 120 es muy difícil que lo sean. Sin embargo, algunos

investigadores han sugerido que un CI muy alto puede incluso interferir con la creatividad.

Por otra parte, la correlación entre inteligencia y creatividad es variable, ya que el papel que juega la inteligencia en las matemáticas es muy distinto del que juega en el arte o la música.

Muchos de los investigadores han encontrado que los tests de lápiz y papel tienen una asociación significativa con las medidas psicométricas de inteligencia, en especial con las medidas verbales. Algunas tareas no verbales de dibujo también han mostrado cierta correlación con la creatividad. En líneas generales, la correlación entre pensamiento divergente y CI se mantiene hasta un determinado nivel. Este efecto "umbral" entre inteligencia y creatividad correlaciona positivamente en los niveles bajos de CI y continúa su correlación positiva hasta aproximadamente un CI de 120 (Kaufman, 2011).

Otro método popular para medir la creatividad es el test *Consensual Assessment Technique* (Amabile, 2001; Baer, Kaufman y Gentile, 2004). Los participantes tienen que crear algo (un poema, un collage). Estos productos son evaluados por expertos apropiados, sin utilizar grupos de discusión, comparando cada elemento con los demás. Los expertos tienen conocimiento especializado en un campo o insight en el proceso cognitivo que va a ser evaluado. Aunque estas evaluaciones son subjetivas, Amabile y Baer, por ejemplo, han encontrado un amplio consenso entre los evaluadores.

Estos estudios psicométricos de papel y lápiz siguen siendo muy controvertidos, por lo que muchos psicólogos han abandonado estas mediciones en favor de investigaciones menos problemáticas.

10.3.5. Acercamientos cognitivos a la creatividad

Cuando se estudia la creatividad desde el punto de vista cognitivo se intentan comprender las representaciones mentales y los procesos que subyacen al pensamiento creativo. En esencia, podemos decir que la creatividad envuelve los procesos cognitivos normales, solo que su resultado es un producto extraordinario. El célebre *¡eureka! (lo encontré)* depende esencialmente de los conocimientos almacenados en la memoria. Según Sternberg (2005), al estudiar la percepción o la memoria, uno puede estar estudiando ya las bases de la creatividad; por tanto, el estudio de la creatividad puede que solo sea una extensión de un trabajo que ya se está realizando en otro campo. Respecto a la inteligencia hemos visto que existe una relación bastante estrecha con la creatividad. No es de extrañar, por tanto, que las teorías de la creatividad abarquen el amplio abanico de los procesos cognitivos: capacidades generales de la inteligencia, atención, memoria, diferencias individuales, pensamiento divergente, operaciones conscientes, operaciones preconscientes, procesos

no intencionales. Algunas teorías asimilan la creatividad a la solución de problemas o a la búsqueda de problemas.

Posiblemente la teoría más antigua (Mednick, 1962) se basa en la asociación de ideas, ya que algunas asociaciones dan como resultado algo original. Las personas más creativas tienen más asociaciones para un determinado concepto. Tener más asociaciones aporta una visión más amplia y, por tanto, realiza la activación simultánea de posibles combinaciones creativas.

Otra teoría que se fundamenta en la asociación de ideas es la propuesta por Guildord (1968). La distinción entre pensamiento convergente y divergente ha sido utilizada como una base segura para acercarse al pensamiento creativo. Las ideas divergentes se mueven en varias direcciones y como resultado, se pueden encontrar ideas originales. Sin embargo, según Cropley (2006), tanto las ideas convergentes como las divergentes están implicadas en el pensamiento creativo. Estes y Ward (2002) afirman que las intuiciones originales se producen con más facilidad cuando dos hechos muy distantes se colocan juntos, aunque esta conexión entre ellos solo puede ser percibida a un nivel muy elevado de abstracción.

El modelo "Geneplore" (generar y explorar, que se alternan recursivamente), propuesto por Finke, analiza una gran variedad de elementos que intervienen en la creatividad y que actúan en dos fases. Hay una fase generativa en la que se crean y estudian las ideas o hipótesis; luego viene la fase exploratoria, en la que se exploran esas ideas o hipótesis, se evalúan y se implementan. Se podría decir que estas dos fases se unen para producir alguna forma de creatividad.

Los procesos metacognitivos también están fuertemente ligados a la creatividad. La creación metacognitiva es una forma especial de cognición que nos ayuda a controlar y desarrollar nuestra competencia creativa. La metacognición es una combinación del autoconocimiento de nuestras habilidades y debilidades creativas y un conocimiento contextual sobre cuándo, cómo, dónde y por qué ser creativo. La metacognición es la combinación de diferentes tipos de conocimiento interrelacionados, como son las estrategias para ser creativos, el conocimiento de uno mismo, la autorreflexión, la autorregulación y el autocontrol (Kaufman, y Beghetto, 2013).

10.3.6. Acercamientos sociopersonales y sociocognitivos

Muy ligados al tema cognitivo se encuentran los estudios que centran su atención en variables de personalidad, motivacionales y en el medio sociocultural. Barron y Harrington (1981) encontraron un conjunto estable de características que favorecen la creatividad, como son: una alta valoración de las cualidades estéticas de la experiencia, amplios intereses, atracción por la complejidad, alta energía, independencia de juicio, autonomía, intuición, confianza en sí mismo, capacidad para resolver

antinomias o para unir rasgos aparentemente opuestos o contradictorios en el autoconcepto y, finalmente, un firme sentimiento de que uno mismo es "creativo".

La importancia del medio social para la creatividad ha sido tenida en cuenta en numerosos trabajos a lo largo del tiempo en diversas culturas. Entre las variables más importantes podemos señalar la diversidad cultural, la guerra, la disponibilidad de diferentes papeles que se pueden jugar y la disponibilidad de recursos y de competidores en un dominio. Dado que la diversidad cultural está relacionada frecuentemente con la diversidad de perspectivas, hábitos, habilidades cognitivas, orientaciones y metas, se puede presumir que la diversidad genera mayor eficiencia en la productividad e impulsa la realización de tareas cognitivas para resolver problemas, ayuda para tener un conocimiento creativo, para la predicción-generación y para la toma de decisiones (Csikszentmihalyi, 1996).

10.3.7. Teorías basadas en la evolución

Las dos teorías que han gozado de más éxito para explicar la evolución biológica, han sido la base para estudios sobre la creatividad: el darwinismo y el lamarckismo. El modelo del neo darwinismo establece que el único elemento a tener en cuenta en la dirección de la evolución es la selección natural.

El modelo darwinista de Simonton consta de dos etapas. En la primera etapa se generan, elaboran y combinan ideas de una manera ciega, es decir, bajo el umbral de la conciencia. Aquellas combinaciones que son más interesantes se pasan a la consideración de la conciencia y se procesan hasta conseguir un producto creativo. A continuación, este producto se somete al juicio de la comunidad para que valore sus aportaciones nuevas (Simonton, 2004).

Para Simonton, una teoría darwiniana de la creatividad no es un proceso lógico ni sistemático, sino un proceso caótico, impredecible incluso, en muchas ocasiones no eficiente. El proceso normal es generar variantes a través de un proceso que se puede aproximar a una distribución aleatoria, pero que se compensa con la creación de una multitud de variantes, de modo que alguna de ellas esté destinada a mejorar el estado actual.

La visión evolucionista de la creatividad implica, en primer lugar, que el creador tiene poco control sobre el proceso creativo, ya que, como dice Simonton, los comienzos del proceso creativo están repletos de falsos comienzos y vanos experimentos. En segundo lugar, los creadores no son particularmente buenos jueces de sus ideas y trabajos. Finalmente, los creadores tienen poco control sobre sus obras, ya que la sociedad es la que juzga su obra. El consejo para los creadores, desde el punto de vista evolutivo, es que su producción sea muy extensa y, tal vez, alguna de sus obras alcance la eminencia.

10.4. Diferentes niveles de creatividad

La creatividad es un concepto que abarca un gran número de producciones que son novedosas dentro de un contexto. La mente humana es creativa por naturaleza, nunca deja de mejorar e innovar los productos propios y los de los demás. Pero la creatividad es contexto-dependiente, es decir, el producto que se considera creativo depende del contexto en el que se da. Por ejemplo, en una tribu perdida del Amazonas, un individuo utiliza por primera vez una cerbatana envenenada con un nuevo producto que no mata al mono, sino que lo anestesia durante 20 minutos. ¿Se puede considerar creativo a este individuo?

Con el deseo de dar cabida a diferentes niveles de creatividad, que van desde los creativos geniales a las pequeñas innovaciones que se realizan cada día en la industria, en casa, en las artes, etc., se han propuesto algunas teorías que engloban diferentes rangos de creatividad.

10.4.1. La distinción de la creatividad en cuatro ces

En un principio, los investigadores hicieron una distinción entre Big-C y Little-c. La primera hace referencia a las construcciones maravillosas dentro de un dominio, mientras que la segunda se refiere a las contribuciones hechas por la gente ordinaria. El 2009, Kaufman y Beghetto desarrollaron un modelo, denominado el Modelo de las cuatro ces, añadiendo Mini-c y Pro-C a las dos anteriores. Este modelo, por tanto, consta de cuatro ces, que son las siguientes, de menor a mayor:

- *Mini-c* o creatividad interpretativa (por ejemplo, la intuición de un estudiante de segundo grado para solucionar un problema matemático).
- *Little-c* o creatividad de cada día (por ejemplo, el proyecto de unos estudiantes universitarios que desarrollan un proyecto original que combina un hecho histórico –la guerra civil española– con la aportación de un colectivo de ancianos que aporta sus propias experiencias sobre ese evento).
- *Pro-C* o creatividad de los expertos (por ejemplo, la idea de hacer un proyecto de investigación bajo la guía de un premio Nobel en ese dominio).
- *Big-C* o creatividad de los genios (por ejemplo, la pintura cubista de Picasso).

10.4.2. La distinción de la creatividad en cuatro pes

Otro marco para encuadrar la creatividad proviene de la teoría de las cuatro pes. Si definimos la creatividad como la generación de productos novedosos y apropiados a

las leyes científicas, se puede enmarcar dentro de cuatro categorías que comienzan por P: persona, proceso, producto y prensa (Rhodes, 1961).

Respecto a la *persona*, aunque en la consideración actual de la psicología cualquiera puede ser creativo, también se han destacado algunos rasgos que son comunes en muchas de las personas creativas en el rango Big-C. Entre otras, podemos destacar la independencia de juicio, la autoconfianza, la apertura a las experiencias, una personalidad equilibrada, la atracción por la complejidad, la orientación estética y el gusto por el riesgo (Sternberg, 1985).

El análisis del *proceso* creativo intenta comprender la naturaleza de los mecanismos mentales que utilizan los sujetos creativos cuando están inmersos en el proceso de creación. Feist y Barron (2003) concluyeron que rasgos de la personalidad, como autoconfianza, apertura de mente, tolerancia y mentalidad abierta (entre otras), son un enlace relativamente directo para el comportamiento creativo.

El *producto* es seguramente el elemento más objetivo de todos, por tanto, lo más útil es centrarse en el análisis de las obras de arte, invenciones, publicaciones, composiciones musicales, cuadros, obras arquitectónicas, etc.

La *prensa*, el medio, es el contexto en el que se produce la obra maestra. La creatividad encuentra un terreno adecuado cuando existen oportunidades para la exploración y se puede realizar un trabajo independiente, y cuando existe apoyo financiero y social.

Nuevas versiones de este sistema lo han extendido hasta seis pes, añadiendo *potencial* (Runco, 2003) y *persuasión* (Simonton, 1990). La prensa hace referencia fundamentalmente a la habilidad del creativo para ganarse la benevolencia del público y de los críticos del arte o los evaluadores de la ciencia.

10.4.3. La distinción de la creatividad en cinco aes

Vlad Petre Gláveanu (2013) propuso el marco de las 5 aes *(actor, acción, artefacto, audiencia, aportes)* como alternativa al marco de las cuatro pes. Según este autor, este marco se basa en la literatura actual de la psicología sociocultural y ecológica, así como en las teorías distribuidas de la mente, y trata de lograr una perspectiva más integral y unitaria en la creatividad.

Los *actores* son personas socializadas que han sido modeladas en un contexto sociocultural y actúan dentro de él, en coordinación con las demás, para cambiar y moldear este contexto de modo adecuado.

La *acción* humana es el aspecto interconectado de una dimensión psicológica interna y una conducta externa, ya que una no se puede reducir o entender sin la otra.

Un *artefacto* tiene una doble naturaleza, tanto material como ideal o conceptual, por tanto, no existen artefactos solo por su presencia física, sino sobre todo porque tienen un significado y son el objeto de la actividad para la construcción de significados que requieren interacciones interpersonales.

La *audiencia* es muy numerosa, ya que va desde los posibles colaboradores y miembros de la familia a los oponentes y compañeros y, por último, en algunos casos, el público en general que, en última instancia, recibe, aprueba o rechaza la creación.

El quinto elemento es lo que *aporta (affordances)* el medio. Un agente creativo es sin duda capaz de explotar lo que aporta su entorno de una manera innovadora y descubrir nuevas "*affordances*", e incluso "crear" las necesarias para cumplir con una acción específica. Por otra parte, el uso de objetos moldea las capacidades de desarrollo de los seres humanos a medida que crecen y se convierten en usuarios competentes de su entorno.

10.4.4. La creatividad como producto social

Algunos autores, como Teresa Amabile o Dean Keith Simonton, le han dado mucha importancia a la creatividad como producto social, mientras que otros autores han hecho hincapié en factores personales como la inteligencia, la personalidad o la motivación. Haslan y sus colaboradores (2013) defienden que la conciencia de pertenecer a un grupo social motiva a los individuos a enfrentar retos creativos y aporta las bases para ciertas formas de creatividad.

Parece normal que exista una propensión a apreciar más la creatividad de los miembros del mismo grupo que la de otros grupos extraños. El grupo social influye en la dirección de la creatividad, que puede tomar formas idiosincráticas o más orientadas a las metas del grupo. Pero las creaciones idiosincráticas tienden a verse como un desafío a las normas prevalentes del grupo, en la medida en que estas ideas se consideren foráneas.

En la proporción en que los individuos se sientan integrantes del grupo, en esa medida, sus creaciones se pueden considerar como creaciones del grupo, más que como agregaciones individuales. Por otra parte, si un grupo social alienta la creatividad, sentirse miembro del grupo estimula la creatividad de los individuos. En el caso contrario, se estrangularía la creatividad, ya que el grupo influye en lo cognitivo, personal y normativo. La creatividad, en definitiva, está condicionada por la sociedad. Así, dentro de un sistema social determinado, las prioridades, los valores y los intereses creativos están fuertemente influidos por los distintos grupos de presión, en especial por los grupos más dinámicos dentro de la economía y la política. En cualquier caso, puede existir una polarización alrededor de grupos contrapuestos (derechas, izquierdas, conservadores, liberales).

En este sentido, los creadores se sentirán apoyados si responden a los intereses de los evaluadores o comparten las mismas metas o ideales. En el caso contrario encontrarán dificultades.

10.4.5. La creatividad desde el punto de vista de la economía

Robert J. Sternberg (Sternberg et al., 2005; Sternberg y Kaufman, 2010) ha presentado en varios artículos su teoría de la inversión sobre la creatividad. Esta teoría apareció por primera vez en 1991 y ha sido defendida por su autor en otros artículos posteriores sobre este tema. La teoría de la inversión de la creatividad está basada en el modelo económico de Schumpeter, quien había puesto el acento sobre el papel de la innovación que determina la prosperidad de una nación. La idea fundamental de esta teoría es aplicar la ley básica de la economía, *comprar barato, vender caro,* en el reino de las ideas. Comprar barato significa defender ideas que son desconocidas o despreciadas, pero que tienen un alto valor potencial. Cuando se presentan estas ideas por primera vez, encuentran desdeño o resistencia. Si el individuo creativo hace frente a esta resistencia y eventualmente vende caro, repetirá esta operación en otras ocasiones.

Las tareas utilizadas para avalar esta teoría son:

1. Escribir historias cortas usando títulos inusuales (las zapatillas del pulpo).
2. Pintar dibujos inusuales (la Tierra desde el punto de vista de un insecto).
3. Diseñar anuncios llamativos para productos aburridos, como unos gemelos para la camisa.
4. Resolver problemas científicos inusuales, por ejemplo, ¿cómo sabríamos si alguien estuvo en la Luna el mes pasado?

10.5. Estadios del pensamiento creativo

Graham Wallas, en 1926, describió los cuatro estadios del pensamiento creativo en su obra *The art of Thought*: preparación, incubación, iluminación y verificación.

La *preparación* es una etapa en la que se buscan todos aquellos materiales que nos pueden ayudar a solucionar el problema. En este estadio se desarrolla una comprensión del problema y se toma conciencia de lo que uno puede necesitar para las posibles soluciones. Esta etapa implica reunir datos relevantes y hacer una revisión del problema.

La *incubación* comienza cuando se abandona la búsqueda activa de soluciones y se realizan actividades que aparentemente nada tienen que ver con el problema. Sin embargo, el problema sigue siendo activo en el inconsciente. El cere-

bro no consciente sigue trabajando sobre el problema a la espera de una idea creativa (es decir, un momento "eureka").

La etapa de *iluminación* se produce cuando el consciente descubre una idea creativa. Suele ser como un cambio repentino en la percepción, una nueva combinación de ideas o una transformación que produce una solución aceptable del problema. Esto refleja tanto la combinación de matrices de pensamiento como la reordenación de espacios conceptuales.

La *verificación* es la etapa final y la más importante de todo el proceso. El producto novedoso tiene que ser sometido a varios controles de calidad, que van desde el funcionamiento perfecto del artefacto, al juicio del público y de los entendidos en el tema. Hay que probar que esta clarividencia es creativa y novedosa y se atiene a las exigencias de cientificidad.

10.5.1. Mecanismos cerebrales en el estadio de "eureka"

El estadio fundamental de la creatividad ocurre cuando se encuentra, súbitamente y con total claridad, una solución aceptable al problema estudiado. El proceso de encuentro de una solución a través del *insight* ha recibido mucha atención por parte de los investigadores, especialmente respecto a los mecanismos cerebrales que tienen lugar durante la fase de encuentro de una solución creativa para el problema.

Las técnicas más utilizadas en la investigación de la creatividad han sido los potenciales de eventos relacionados (ERPs) y la resonancia magnética funcional (fMRI). Existen numerosas regiones del cerebro implicadas en el descubrimiento repentino (insight) de una solución creativa, incluyendo la corteza prefrontal lateral, la corteza cingulada, el hipocampo, la circunvolución temporal superior, el giro fusiforme, el precuneo, el cuneo, la ínsula y el cerebelo. Se conoce que la corteza prefrontal lateral es responsable de la preparación mental y el cambio repentino de dirección en la resolución de problemas. La corteza cingulada está involucrada en el conflicto cognitivo entre nuevas y viejas ideas y en la búsqueda de soluciones. El hipocampo, la circunvolución temporal superior y el giro fusiforme forman una red funcional integrada especializada en la formación de nuevas asociaciones. Para Shen, Luo, Liu y Yuan (2013), la transformación efectiva de la representación de un problema depende de una red de procesamiento de la información viso-espacial no-verbal que comprende el precuneus y el cuneus. La ínsula se ocupa de la flexibilidad cognitiva y la experiencia emocional que se asocia con el insight. Según Tomasi y Volkow (2011), una de las zonas clave en el proceso creativo es el precuneus, ya que sirve de conexión entre importantes zonas cerebrales que intervienen en el proceso de solución de problemas.

10.6. Resumen

La creatividad es la habilidad de crear algo nuevo, original, inesperado, de alta calidad, útil o que causa admiración y asombro por su originalidad. La creatividad es exclusiva del ser humano y, gracias a ella, se han producido avances continuos a lo largo de la historia.

La creatividad ha sido estudiada desde diferentes perspectivas: un estudio místico de la creatividad. La inspiración viene de los dioses (musas) que son los que tienen todo el conocimiento y lo pueden transmitir a algunos elegidos; por tanto, no es posible estudiarla científicamente. Los estudios pragmáticos han estado más interesados en producir elementos creativos que en dar una explicación científica de su proceso y su desarrollo. Los estudios psicodinámicos, basados en los estudios de Freud, proponen que los artistas y escritores producen una obra de arte como un medio para expresar sus deseos inconscientes de una manera aceptable. La aproximación psicométrica intenta medir la creatividad mediante tests en los que la inteligencia divergente domina a la inteligencia convergente. Las investigaciones más importantes se han dado dentro de la psicología cognitiva. Muchos autores han intentado comprender las representaciones mentales y los procesos que subyacen al proceso creativo. En este campo se han utilizado modelos computacionales de simulación. Uno de los componentes esenciales de toda obra creativa es su aceptación o rechazo por la comunidad a la que se pertenece; por tanto, algunos autores han desarrollado teorías en las que lo más relevante para la creatividad es un ambiente social favorable. También se han propuesto teorías que priman algunos rasgos de personalidad, como la libertad, el esfuerzo, la espontaneidad, la autoaceptación, el no ser convencionales, etc.

Algunos autores han propuesto teorías alternativas a la creatividad utilizando algunas variables fundamentales, como las cinco aes (actor, acción, artefacto, audiencia, aportes), las cuatro pes, (persona, proceso, producto y prensa) y las cuatro aes (Big-C y Little-c, Mini-c y Pro-C).

Wallas propuso que en la creatividad se daban cuatro etapas: preparación, incubación, inspiración y verificación. La inspiración se presenta de repente, con plena claridad y seguridad, después de un periodo de incubación. El cerebro sigue trabajando durante el periodo de incubación, en especial algunas zonas que están más comprometidas con la solución de problemas, con la memoria y la asociación de ideas.

11
Razonamiento informal

11.1. Razonamiento informal y razonamiento formal

El razonamiento formal se caracteriza por dos propiedades fundamentales: estar formalizado tanto en su estructura como en su contenido y aportar todos los datos necesarios para sacar conclusiones válidas. Por el contrario, el razonamiento informal o cotidiano es el que las personas practican en su vida ordinaria. Este razonamiento no está sometido a las rígidas leyes de la lógica formal, ni tiene toda la información explícita pertinente para la evaluación de los argumentos. Por esta razón, el razonamiento cotidiano requiere que se vaya más allá de lo que explícitamente se dice, buscando en la memoria aquellas cosas que faltan para encontrar información relevante, pudiendo consultar también recursos externos (personas, libros, internet, etc.).

La estructura del razonamiento cotidiano no está constreñida por fórmulas silogísticas de dos premisas y conclusión, ni por el esquema *si… entonces.* Aunque los argumentos informales pueden contener premisas y conclusiones, estos elementos no están claramente definidos.

Teóricamente hablando, el contenido de las premisas en el lenguaje formal se considera verdadero o irrelevante, mientras que en el razonamiento cotidiano la veracidad o credibilidad de las premisas la debe establecer el sujeto que escucha. Desde luego, los sujetos no pueden estar completamente seguros de la veracidad o falsedad de las proposiciones, de modo que la gente suele expresar grados de confianza sobre sus inferencias. Por otra parte, el contenido de las premisas se puede modificar sobre la marcha cuando se adquieren nuevos conocimientos sobre el tema. Estos nuevos datos pueden confirmar o negar el contenido de las premisas, de modo que el sujeto, teniendo en cuenta la nueva información, puede modificar sus conclusiones (Evans, 2004).

En el razonamiento deductivo, lo fundamental es establecer la validez de las conclusiones (no su verdad o falsedad) a partir de unas premisas que, generalmen-

te, se consideran verdaderas. Por ejemplo, en el silogismo: *algunos A son B y ningún B es C*, se pregunta si se puede concluir válidamente que *algunos A no son C*. En este tipo de razonamiento podemos encontrar que una conclusión altamente probable es inválida de acuerdo con el principio de la necesidad lógica. Una característica esencial de estos problemas deductivos es que están bien definidos, ya que ninguna información o conocimiento previo necesita ser contrastada para llegar a la respuesta correcta.

El razonamiento de cada día utiliza con mayor frecuencia el de tipo inductivo, en el que tiene gran importancia el razonamiento pragmático. Este tipo de razonamiento está ligado a los intereses del que habla, sus convicciones personales, las condiciones sociales en las que se desarrolla la conversación, las motivaciones, el deseo de convencer a los oyentes, etc. A continuación, presentamos algunas de las diferencias entre el razonamiento formal e informal.

Cuadro 11.1. Diferencias entre el razonamiento formal y el razonamiento informal

Razonamiento formal	*Razonamiento informal*
Se suministran todas las premisas necesarias.	Algunas premisas están implícitas y otras no se aportan en absoluto.
Los problemas son independientes.	Los problemas no son independientes.
Normalmente solo hay una respuesta correcta.	Normalmente hay varias respuestas posibles.
Existen métodos establecidos de inferencia.	Raramente existen procedimientos protocolarios para resolver el problema.
El problema no suele ser ambiguo.	No está claro si la solución dada es suficiente.
El contenido del problema tiene un exclusivo interés académico.	El contenido del problema suele tener relevancia personal.
Los problemas se resuelven para ver la capacidad lógica de los individuos.	Los problemas se solucionan como un medio para lograr otros objetivos.

11.1.1. Relaciones entre el razonamiento formal y el informal

Galotti (1989) presenta tres posibles relaciones entre el razonamiento formal e informal y las consecuencias que se derivan de cada una de ellas.

La primera es que el razonamiento formal es parte del razonamiento cotidiano, ya que el silogismo aparece de una manera implícita en muchos de los argumentos de la vida cotidiana. Las premisas y las conclusiones no se proponen en un formato lógico-formal en los contextos naturales, aunque la estructura de base es la misma. Por ejemplo, Wason y Johnson-Laird (1972), entre otros, distinguen entre razonamiento puro y razonamiento práctico.

Si esto fuera así, el razonamiento formal debería ser más fácil, ya que todo está dado en el mismo problema, mientras que en el razonamiento informal los problemas tienen algunas premisas implícitas que uno tiene que recordar o generar. Una vez que se han generado todas las premisas, presumiblemente se utilizarán los mismos procesos de razonamiento formal. En el razonamiento informal se agregan algunos pasos adicionales y aparecen ciertos vínculos emocionales ligados a las premisas y a las conclusiones. Para evitar estos efectos, se necesita un esfuerzo adicional. En resumen, en los problemas reales hay generalmente más información que en un silogismo categórico o analogía verbal y, a menudo, puede haber también información que se debe ignorar. Por tanto, la práctica en la solución de problemas de razonamiento formal debería mejorar el razonamiento general.

Una opinión contraria establece que los dos tipos de comportamiento comparten similares procesos, pero el razonamiento formal requiere más trabajo porque es más difícil. El razonador debe compartimentar el conocimiento, haciendo caso omiso de la información personal, de la memoria o de ciertos tipos de heurísticos. Esto representa un trabajo más duro respecto a las tareas de razonamiento a las que nos enfrentamos en día a día. Además, las tareas de razonamiento formal exigen un enfoque analítico y, por tanto, se deben evitar los procesos del lenguaje ordinario o las máximas conversacionales, sujetándose a una estricta necesidad lógica que, a veces, está en contradicción con nuestros conocimientos y nuestras convicciones. Por tanto, desde este punto de vista, el razonamiento formal necesita un trabajo extra.

La tercera concepción de la relación entre razonamiento formal e informal es que ambos son procesos completamente diferentes (Perkins, 1991). Para este autor, aunque ambos tipos de razonamiento comparten algunas características estructurales, difieren en aspectos fundamentales:

1. Los argumentos informales tienen su estructura formada por una larga cadena de pasos individuales y cada una lleva a la siguiente.
2. El razonamiento formal examina solo una cara del caso, porque su validez lógica asegura que los argumentos contrarios deben ser inválidos. En el razonamiento informal, por el contrario, los argumentos informales deben tener argumentos a favor y en contra, mientras que los formales solo tienen una conclusión válida.

3. Los argumentos formales ocurren en un mundo cerrado, siendo las premisas el valor absoluto, sin depender de ninguna otra información; mientras que las discusiones informales pueden, en principio, extraer datos de cualquier fuente. Por otra parte, la motivación en el razonamiento formal tiene un alcance muy limitado, mientras que en el razonamiento informal tiene una importancia decisiva a la hora de establecer la validez de las conclusiones y de las premisas.

11.2. Investigaciones sobre el razonamiento informal

Las investigaciones sobre el razonamiento informal han introducido variaciones respecto al razonamiento formal. En primer lugar, han incluido un cierto grado de incertidumbre en las premisas. A los participantes no se les pide que asuman la veracidad de las premisas (como se hace en el razonamiento formal), simplemente se les pide que evalúen las conclusiones por cualquier criterio que ellos piensen que es pertinente. Una segunda característica de estos estudios es que introducen varias respuestas posibles o permiten que los participantes expresen su incertidumbre a través de una escala.

En el siguiente ejemplo tenemos un condicional con una amplia posibilidad de consecuencias: *Pilar y Juan, dos chicos de 8 años, están discutiendo, lanzándose reproches el uno al otro. ¿Qué probabilidad hay de que Pilar diga (A) o lleve a cabo (B) en alguna de las frases siguientes?*

Frases	*(A) Lo dirá ella Puntuación*	*(B) Lo hará ella Puntuación*
1. Si me sigues molestando, se lo diré a mi padre y te dará un puñetazo en la cara.		
2. Si me sigues molestando, te daré un puñetazo en la cara.		
3. Si me sigues molestando, no te hablaré más.		
4. Si me sigues molestando, te mataré.		
5. Si me sigues molestando, no te ayudaré más.		
6. Si me sigues molestando, no iré a tu fiesta.		

Escala de 1 a 7: 1 = imposible; 2 = altamente improbable; 3 = improbable; 4 = es posible; 5 = es probable; 6 = muy probable; 7 = sin duda

Cummins et al. (1991) investigaron el razonamiento informal con afirmaciones causales (si p es la causa, q es el efecto). Proponían posibles causas que podían producir diferentes efectos. Además incluían posibles eventos que podían impedir que el efecto se produjera a pesar de la presencia de la causa (es decir, condiciones que neutralizan la causa). En este estudio, los índices de aceptación de las conclusiones resultaron ser más bajos para los condicionales con muchas causas y con condiciones que las neutralizaban, ya que se reducía la certeza percibida entre la causa y el efecto. Por ejemplo, cuando tu madre te dice: *si comes caramelos, tendrás caries en los dientes*, tú encuentras otras muchas causas para que se produzcan caries, como son comer dulces, no lavarse los dientes, tener acidez de estómago, etc. Además, existen eventos que pueden neutralizar la causa (comer caramelos), como puede ser lavarse los dientes a menudo. Todo esto debilita la relación entre la causa (comer caramelos) y la conclusión (tener caries).

Algunos autores han encontrado que existe una cohesión más fuerte entre antecedentes con una promesa (*si arreglas tu cuarto, te doy 10 €*), que entre un consejo y sus consecuencias (*si llevas este vestido al baile, deslumbrarás*).

La incertidumbre también se puede introducir en los actos de habla mediante la manipulación de diversos atributos del hablante. Por ejemplo, si el médico te dice: *si es neumonía, se curará en diez días,* el vínculo entre el antecedente y el consecuente es más fuerte que si eso mismo te lo dice el fontanero.

Otra forma de producir mayor incertidumbre en el razonamiento informal es mediante la introducción de cuantificadores (algunos, bastante, probablemente, a veces, etc.). Por ejemplo, *si el tren ha salido puntual, es probable que Pedro no venga en él*.

Por otra parte, cuando el requisito adicional es percibido como más necesario para la ocurrencia del consecuente, los razonadores encuentran mayor dependencia de la ocurrencia del antecedente para que se dé el consecuente. En este ejemplo: *si tu padre te da dinero, podrás ir al concierto*, se considera que el antecedente es más importante que en el siguiente ejemplo: *si no hace mucho frío, entonces irás al concierto*.

A todos los antecedentes habilitadores de la conclusión se les pueden añadir otros inhabilitadores que neutralicen al antecedente. Por ejemplo: *si tu padre te da dinero, entonces podrás ir al concierto*, pero no podrás ir *si el coche no funciona, o tu abuela empeora, o tu padre no puede llevarte*.

También es posible establecer al mismo tiempo dos premisas que sean contrarias entre sí. Por ejemplo, *si veo a mi padre me dejará ir al concierto, si veo a mi madre no me dejará ir al concierto*. Veo a mi padre y veo a mi madre juntos. ¿Cómo resuelven el conflicto los participantes con argumentos divergentes? Parece existir una tendencia a elegir una conclusión intermedia entre los términos de las premisas (es decir, en el ejemplo anterior, *es el mismo para ir al concierto o no)*. Los sujetos pueden adoptar una estrategia de compromiso cuando se enfren-

tan con información contradictoria. En algunas ocasiones se puede solucionar el conflicto ateniéndose a la importancia relativa de los dos argumentos; en este caso, la conclusión se desplaza hacia el argumento dominante.

11.2.1. Investigaciones ajenas al razonamiento formal

Si el razonamiento informal implica la generación y la evaluación de respuestas a cuestiones complejas que no tienen una solución clara, los pensadores deben ponderar las causas y las consecuencias, los pros y los contras y las posibles alternativas. El razonamiento cotidiano se hace más necesario cuando la información no está accesible y los problemas están abiertos al debate, son complejos o están mal estructurados. En todos estos casos, es necesario que el individuo busque argumentos que apoyen su punto de vista. Incluso muchas disciplinas emplean este método de razonamiento informal, ya que sus propuestas pueden ser modificadas con nuevas investigaciones. Por todo esto es necesario hacer investigaciones que sean más adecuadas a este panorama y sean diferentes de las usadas en el razonamiento deductivo tradicional.

Algunos estudios han desviado su atención de las inferencias lógicas tradicionales hacia tareas en las que se pide a los sujetos que juzguen si ciertas situaciones implican resultados pragmáticos. Por ejemplo: *si Juan acepta el nuevo trabajo (p), su vida mejorará (q)*. En este caso se considera que p es verdadero. Por otra parte, las proposiciones contrafactuales (que expresan lo que hubiera sucedido si se hubiese hecho algo), por ejemplo, *si la penicilina hubiera estado disponible* (p), *no habría muerto Juan* (q), implica la falsedad de p y de q.

Muchos de los estudios llevados a cabo al comienzo del siglo XXI muestran que los sujetos atribuyen intenciones pragmáticas a los asertos de cada día.

Otro grupo de investigaciones ha surgido de la idea de que el razonamiento informal es probabilístico, ya que no se conocen las consecuencias que se pueden derivar de una toma de decisiones. Por ejemplo, una fábrica de coches cambia un modelo, pero no sabe qué aceptación tendrán los cambios introducidos entre los posibles compradores. Una de las características del razonamiento cotidiano es la incertidumbre, de modo que los resultados deben ser interpretados dentro del esquema probabilístico.

Siguiendo esta idea, los experimentadores preguntaban directamente sobre las probabilidades estimadas. Así, se ha documentado una estrecha relación entre el juicio de probabilidad de un aserto condicional y la probabilidad de sus consecuencia dados sus antecedentes. Por ejemplo, *si llueve abundantemente durante los meses de marzo y abril, habrá buenas cosechas de cereales*.

A los sujetos experimentales se les pide que hagan juicios sobre la aceptabilidad de un aserto condicional. Otros autores han propuesto condicionales que ex-

presan un incentivo o un correctivo. Fillenbaum (1975, 1977) ha mostrado la importancia de la relación entre los valores expresados en el antecedente y el consecuente. Este autor propone relaciones llamativas como: *si le rompes el brazo a tu madre (p), te daré $50 (q),* que los sujetos encuentran extrañas o raras. Otros autores han pedido a los sujetos que juzguen la bondad de condicionales de obligación: *si corres 20 millas (p), entonces debes ducharte (q)*. A continuación, se les presentaban a los sujetos las cuatro posibilidades de relacionar p y q (p q, p ¬q, ¬p q, y ¬p ¬q) y les pedía que mostrasen el orden de preferencia. Los sujetos preferían las fórmulas sin negaciones, de modo que se inclinaban por p q *(si corres 20 millas, entonces debes ducharte)* antes que por p¬q *(si corres 20 millas, entonces no debes ducharte)*.

Thompson et al. (2005) han desarrollado varios tipos de tareas en el razonamiento informal con dos tipos de asertos condicionales: persuasión y disuasión. El consecuente q es ofrecido como un incentivo o un desincentivo para hacer p. Tomar la decisión de hacer p envuelve una sofisticada cadena de inferencias implícitas (por ejemplo, *se debe evitar una desaceleración de la economía, pero ratificar un acuerdo puede producir una desaceleración, en orden a evitar una desaceleración no se debería ratificar el acuerdo*). En estos casos, según este autor, los sujetos tienen dos estrategias: analizar la verdad del condicional o argüir los méritos de llevar a cabo la acción. Los sujetos eran más proclives a adoptar estrategias deductivas cuando seguían el punto de vista del escritor que sus propios puntos de vista. Sin embargo, cuando los sujetos seguían su propio punto de vista eran más propensos a proponer mayor diversidad de ideas, tanto para apoyar como para contradecir la posición propuesta en la aserción.

La tendencia actual para investigar el razonamiento cotidiano es preguntar directamente sobre las competencias ordinarias sobre razonamiento, sin las limitaciones impuestas por el paradigma tradicional.

11.3. Algunos sesgos en el razonamiento informal

El razonamiento informal o cotidiano está sustentado básicamente en la utilización de los datos que puede aportar la memoria. Generalmente, en un tiempo corto no podemos hacer una investigación a fondo, consultar datos, hacer experimentos y construir inferencias. La argumentación cotidiana exige que demos respuestas sobre la marcha a los problemas cotidianos. Cuando tenemos que elegir entre comprar manzanas "golden" o "verde doncella", no podemos hacer una investigación para determinar cuál de ellas tiene más vitaminas, proteínas y oligoelementos que aporten mayores beneficios al organismo. En estos casos, y otros parecidos, nos limitamos a elegir dejándonos llevar por nuestras emociones, el gusto o el tipo de saliva que provoca su vista, todo ello de forma inconsciente.

Esto conduce a tener que formular argumentos basados en cuatro principios o sesgos fundamentales: la *incompletud*, las *emociones*, las *falacias* y el sesgo de *desde mi punto de vista (myside bias)*.

11.3.1. La incompletud en el razonamiento cotidiano

Cuando buscamos argumentos en nuestra memoria para apoyar una idea, rebatir la del contrario, tomar una decisión o solucionar un problema, no tenemos un bagaje exhaustivo de todo el conocimiento que sería necesario para hacerlo bien. Cuando se discute la posibilidad de legalizar el consumo de marihuana nos solemos centrar en aspectos legales, de seguridad o de salud pública, o en eliminar el negocio de los traficantes de sustancias prohibidas. En debates con personas expertas en estas materias, nos damos cuenta de las grandes lagunas que los legos tenemos en ellas. Por ejemplo, los fumadores habituales de marihuana es posible que sepan que fumar esta sustancia produce una constelación de síntomas que incluyen irritabilidad, ansiedad, angustia, perturbaciones del sueño y pérdida de apetito, pero si les preguntamos por los mecanismos cerebrales que están implicados en estos síntomas, seguramente nos dirán que no tienen ni idea.

Por tanto, existen muchas lagunas y no tenemos datos a mano para sostener nuestros argumentos. Perkins el al. (1991) descubrieron que los sujetos con mayor nivel cultural generan más argumentos que los novatos, aunque hacen uso de más argumentos que van a favor de su forma de pensar.

Posiblemente, lo más desalentador es que la forma de argumentar en el pensamiento cotidiano no mejora mucho con la educación ni con la experiencia previa en cuestiones de tipo general, aunque se encontró un mejor desempeño en problemas específicos cuando los alumnos fueron entrenados en la solución de problemas de tipo físico, matemático o fisiológico. Un estudio de Kuhn (1991) encontró que los sujetos elaboraban conclusiones menos sesgadas y con mayor rigor después de recibir formación sobre el valor de la objetividad y la crítica.

11.3.2. Falacias informales en el razonamiento cotidiano

Las falacias en el razonamiento informal son argumentos persuasivos psicológicamente, pero que no tienen validez lógica. En el contexto del razonamiento informal, las falacias tienen gran importancia porque su uso sirve como argumento persuasivo para las personas que no tienen un conocimiento de la lógica formal.

Por ejemplo, en el argumento *ad ignorantiam*, la conclusión sobre la verdad o la existencia de la proposición "A" se deriva del hecho de que no se conoce que "A" sea falsa. Por ejemplo, de la premisa *no se ha probado nunca que las brujas*

no existan, no podemos concluir, *las brujas existen*. En este ejemplo, la conclusión *las brujas existen* no se deriva de la premisa *no se ha probado nunca que las brujas no existan*, aunque muchos estudiantes no encuentran aquí ningún problema de tipo formal (Neuman, 2003).

Las falacias formales se detectan examinando la forma del argumento. Pero las falacias informales no se pueden detectar examinando la forma del argumento. Las falacias informales se detectan examinando el contexto o el contenido del argumento (por ejemplo, el significado o la utilización de palabras vagas). El ejemplo anterior es una falacia porque en las discusiones críticas, nuestras normas epistemológicas son que el conocimiento se deriva normalmente de algo, no de la ignorancia (Neuman et al., 2006).

En el razonamiento cotidiano debemos tener en cuenta el contexto, ya que los argumentos utilizados pueden variar enormemente. Podemos distinguir tres dimensiones del contexto comunicativo: la *situación* inicial de la que parte el diálogo, el *método* de diálogo y la *finalidad* del diálogo.

Por ejemplo, una controversia es un tipo de diálogo que está motivado por una inquietud emocional *(situación).* La *finalidad* de cada participante en una discusión es vencer al otro usando el *método* del ataque personal (por ejemplo, usando el argumento *ad hominem)* y describiendo al contrario como intelectualmente tarado. En este caso, no se podría considerar el argumento *ad hominem* como una falacia. Sin embargo, estaría mal visto que en una discusión científica sobre "la función de la serotonina" se utilizara este argumento, donde sí sería considerado una falacia.

11.3.3. El sesgo desde mi posición (myside bias)

Según Stanovich et al. (2013), el sesgo *desde mi posición* ocurre cuando la gente evalúa la evidencia, genera evidencia y prueba hipótesis de una manera sesgada hacia sus propias opiniones y actitudes. Los investigadores han revelado la existencia de este sesgo más allá de lo esperado a través de una amplia gama de paradigmas del sesgo *desde mi posición*.

La magnitud del sesgo *desde mi posición* muestra muy poca relación con la inteligencia. Evitar el sesgo *desde mi posición* es, pues, una habilidad del pensamiento racional que no se ha medido mediante pruebas de inteligencia o incluso indirectamente a través de su correlación con medidas de la capacidad cognitiva. Aunque estos autores encontraron que los sujetos tienden a dar más argumentos en favor de su posición que en contra, este sesgo no correlaciona con la habilidad cognitiva. Así, Los fumadores estaban menos dispuestos a reconocer los efectos negativos del tabaco en los fumadores pasivos; los que bebían grandes cantidades de alcohol eran menos propensos a reconocer los efectos nocivos de beber al-

cohol; los que votaron a George W. Bush estaban más dispuestos a creer que la invasión de Irak les hizo estar más seguros frente al terrorismo en comparación a los que votaron a John Kerry.

Los sujetos que fueron sensibilizados explícita y específicamente para ignorar sus creencias y sus opiniones en la tarea, no fueron capaces de separar estas creencias y opiniones a la hora de llevar a cabo la tarea encomendada. Así, en el estudio llevado a cabo por Stanovich et al (2013), los sujetos americanos (78,4%) mostraron su opinión y dijeron que tendrían que prohibir la circulación en Estados Unidos de un peligroso vehículo alemán, mientras que solo el 39,2% de los sujetos americanos dijeron que los alemanes deberían prohibir que circulara por sus calles un peligroso coche de Estados Unidos.

Un experimento sencillo que puedes realizar en tu ambiente consiste en presentarle a la gente (fumadora y no fumadora) el siguiente silogismo:

Premisas:

Todas las cosas que se fuman son buenas para la salud.
Los cigarrillos se fuman.

Conclusión:

Los cigarrillos son buenos para la salud.
(a) ¿la conclusión se sigue lógicamente de las premisas?
(b) ¿la conclusión no se sigue lógicamente de las premisas?

Seguramente que los fumadores estarán más dispuestos a afirmar que la conclusión se sigue lógicamente de las premisas (lo que es correcto). Los no fumadores sostendrán la opinión contraria (que es errónea).

Parece razonable proponer más y mejores argumentos desde mi punto de vista que desde el punto de vista del contrario; sin embargo, parecería poco neutral y equitativo que se ignoraran completamente las razones contrarias. La presentación de las dos perspectivas se ve afectada por una variedad de factores, entre los cuales podemos destacar el tema, la audiencia, el contexto, el estilo y los objetivos.

11.4. El razonamiento informal en la calle

El ser humano ha tenido que vérselas en su mundo con dos problemas fundamentales: aquellos que admiten una solución parcialmente satisfactoria y los que exigen una solución matemática o lógica precisa, exacta. La medición del grano en Egipto no podía hacerse a ojo, se necesitaban medidas cuantificables que pudiesen ser

sumadas, restadas, multiplicadas y divididas. La vendedora de una mercancía en las calles de un suburbio de una ciudad tiene que cuantificar el valor de ese producto para que sea igual a su coste, más un porcentaje que le ayude a vivir.

Otros problemas no exigen una cuantificación, sino una cierta satisfacción y se rigen por dos parámetros: la distancia y la magnitud. Cuanto más distante es la satisfacción, menos satisface. Cuanto más inmediata es una satisfacción, más satisface, por tanto, su magnitud puede ser menor. Las soluciones a los problemas pueden ser aceptables si proporcionan una satisfacción subjetiva que se considera suficiente.

11.4.1. Razonamiento que exige cuantificadores

Cuando las personas se enfrentan a un problema matemático intentan resolverlo con ingenio, utilizando aquellos elementos que están a su alcance. Algunas personas que no han ido al colegio, incluso que no saben leer ni escribir, tienen una habilidad asombrosa para manejar números y cantidades.

Uno de los estudios pioneros en el análisis de las habilidades de los niños no escolarizados se lo debemos a Carraher et al. (1985). Estos autores vieron cómo los niños, aunque no habían sido escolarizados o tenían muy poca cultura, eran capaces de solucionar problemas aritméticos en la venta de chucherías en la calle.

Un trabajo semejante fue realizado por Saxe (1988). Su estudio es una investigación de la influencia de las prácticas culturales en el desarrollo de niños con poca o ninguna escolarización. Niños muy pequeños conocen los principios que subyacen a contar, a la conservación del número, y una habilidad para usar una variedad de soluciones de problemas que no han sido directamente aprendidas en la escuela.

Los niños tienen su propio método para averiguar el valor total de, por ejemplo, 37 + 24. Estos niños no utilizan la forma estándar aprendida en la escuela, sino que a menudo reestructuran el problema en valores convenientes con los que suelen hacer sumas. En este caso suman 30 + 20 y 7 + 4. Es decir, 50 + 10 + 1 = 61. No se sabe exactamente cómo actúan estos niños, pero parece que su razonamiento está ligado a las prácticas en las que participan. Lave (1977) describe que los sastres de Liberia utilizan procedimientos para solucionar problemas aritméticos basados en la manipulación de cantidades, como opuestas a la manipulación de símbolos aprendida en las escuelas. Tales procedimientos, desarrollados en el trabajo, aseguran que no se cometan grandes errores con serias consecuencias prácticas.

El análisis de las estrategias orales de los vendedores callejeros y de los escolarizados para solucionar problemas aritméticos muestra que la comprensión del sistema decimal y las relaciones proporcionales –dos aspectos fundamentales del

conocimiento tradicional matemático– pueden desarrollarse como resultado de actividades en entornos cotidianos (Carraher, 2000). Los estudios sobre estos temas muestran que el pensamiento práctico es inventivo y se adapta perfectamente a la práctica diaria. En resumen, podríamos decir que los estudios aportan luz sobre la relación existente entre la práctica de los niños vendedores y su comprensión del desarrollo matemático. Los niños generan problemas matemáticos según participan en prácticas culturales, como es la de vender chucherías. Estos procesos están ligados a procesos sociales, como la inflación monetaria de Brasil, y las convenciones sociales que surgen en la práctica, como el cambio del precio de los productos al por menor. Para enfrentar estos problemas, los niños crean nuevos procedimientos para solucionar los problemas y una buena comprensión de las exigencias del día a día (Carraher, 2000).

11.5. Resumen

El razonamiento informal es el que utilizamos en la vida cotidiana, en la que tenemos que resolver problemas sobre la marcha, tomar decisiones en pocos minutos, sacar inferencias de los datos que nos aportan los sentidos, etc. Las dos características fundamentales del razonamiento cotidiano son: que no sigue un protocolo establecido y que no tenemos todos los datos necesarios para tomar una decisión sobre las posibles conclusiones. De aquí se derivan otras características como: existen varias conclusiones posibles, las premisas no son válidas o inválidas, sino verdaderas o falsas, en este razonamiento tienen gran importancia las motivaciones, los intereses, los fines, el contexto y otras más.

Debido a que el razonamiento cotidiano es en gran parte heurístico, nunca podemos asegurar que la conclusión sea la única posible. En el razonamiento informal podemos encontrar diferentes conclusiones que serán más o menos aceptables, dependiendo del contexto, de la cultura o de la meta que nos hayamos propuesto.

Para Galotti existen tres formas en las que se relaciona el razonamiento formal e informal: la mayor parte o todo el razonamiento cotidiano es razonamiento formal camuflado. El razonamiento informal es más difícil que el formal porque las premisas deben ser generadas y evaluadas y se debe eliminar el sesgo emocional y las creencias. En segundo lugar, los dos razonamientos comparten algunos procesos. Si esto es así, entonces el razonamiento formal es más difícil porque requiere una postura objetiva y analítica. En tercer lugar, los dos son completamente distintos; por tanto, el entrenamiento en el razonamiento formal no mejorará las habilidades del razonamiento cotidiano.

Aunque en un principio se investigó el razonamiento informal con la metodología del razonamiento formal, en la actualidad existe una tendencia general a

utilizar una metodología que se aparta de la tradicional. Es decir, la investigación se centra en lo que es más típico del razonamiento cotidiano: emociones, intereses, sesgos, búsqueda heurística, etc.

Los sesgos que se encuentran en el razonamiento cotidiano son los mismos que en el razonamiento formal, aunque, en este caso, se añaden algunos más que son específicos de este tipo de razonamiento. Los sesgos más importantes son el de incompletud, las falacias informales y el sesgo desde mi posición. La incompletud hace referencia a que no se dispone de todo el conocimiento necesario para establecer la veracidad de las premisas; las falacias informales son muchas y muy variadas, entre otras podemos señalar la falacia *ad hominem, ad ignorantiam, ad baculum, ad auctoritatem, ad populum, ad nauseam, ad verecundiam, ad antiquitatem,* etc.; el sesgo desde "mi posición" hace referencia a los intereses de la persona que intenta inclinar la balanza a su favor.

El ser humano, desde los comienzos de su aparición sobre la tierra, ha tenido relaciones de intercambio de ideas y de bienes y servicios, que ha necesitado someter a ciertas reglas para que estos intercambios se consideraran equitativos. En el campo de las ideas, los humanos hemos intentado convencer con argumentos a través de la palabra. En el campo de los intercambios de bienes y servicios, el medio fundamental ha sido la aritmética, la cuantificación de estos bienes y su valoración, de modo que los intercambios fueran satisfactorios para las dos partes. Aunque la inmensa mayoría de los intercambios comerciales siguen la matemática formal, existen otros ámbitos en los que se aplica la cuantificación informal, es decir, que no siguen los cauces enseñados en la escuela, un tipo de matemática que aquí denominamos "la cuenta de la vieja".

Bibliografía

Con el propósito de poner en práctica unos principios ecológicos, económicos y prácticos, el listado completo y actualizado de las fuentes bibliográficas empleadas por el autor en este libro se encuentra disponible en la página web de la editorial: **www.sintesis.com**.

Las personas interesadas se lo pueden descargar y utilizar como más les convenga: conservar, imprimir, utilizar en sus trabajos, etc.

Allais, M. (1953). Le comportement de l'homme rationnel devant le risque: critique des postulats et axiomes de l'école Américaine. *Econometrica 21* (4): 503-546.

Amabile, T. M. (2001). Beyond talent: John Irving and the passionate craft of creativity. *American Psychologist*, *56* (4), 3-33.

Baron, J. (2000). *Thinking and deciding*. Cambridge University Press.

Bell, D. E. (1982). Regret in decision making under uncertainty. *Operations Research, 30*, 961-981.

Boden, M. (2003). *The creative mind: Myths and mechanisms*. New York, NY: Basic Books.

Bransford, J. D., Brown, A. L. y Cocking, R. R. (Eds.). (1999). *How people learn: Brain, mind, experience, and school.* Washington, DC: National Academy Press.

Busemeyer, J. R., Wang, Z. y Townsend, J. T. (2006). Quantum dynamics of human decision-making. *Journal of Mathematical Psychology*, *50*(3), 220-241.

Carraher, D. W. y Schliemann, A. D. (2000). Lessons from everyday reasoning in mathematics education: Realism versus meaningfulness. *Theoretical foundations of learning environments*, 172-195.

Chapman, L. J. y Chapman, J. P. (1959). Atmosphere effect re-visited. *Journal of Experimental Psychology,* 58**,** 220–226.

Chase, W. G. y Simon, H. A. (1973). Perception in chess. *Cognitive Psychology*, *4,* 55-81.

Clark, P. y Niblett, T. (1989). The CN2 induction algorithm. *Machine learning*, *3*(4), 261-283.

De Groot, A. D. *Thought and choice in chess.* The Hague, The Netherlands: Mouton, 1965.

De Bono, E. (1971). *Lateral thinking form management*. New York: McGraw-Hill.

Ericsson, K. A. y Towne, T. J. (2010). Expertise. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, *1*(3), 404-416.

Evans, J. St. B. T. y Thompson, V. A. (2004). Informal reasoning: Theory and method. *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie experimentale*, *58*(2), 69.

Galotti, K. M. (1989). Approaches to studying formal and everyday reasoning, *Psychological Bulletin, 105*, 331-355.

Geurts, B. (2003). Reasoning with quantifiers. *Cognition, 86,* 223–251.

Gigerenzer, G. y Hug, K. (1992). Domain-specific reasoning: Social contracts, cheating, and perspective change. *Cognition*, *43*(2), 127-171.

Glaveanu, V., Lubart, T., Bonnardel, N., Botella, M. y De Biaisi, P. M., Desainte-Catherine, M. & Zenasni, F. (2013). Creativity as action: findings from five creative domains. *Frontiers in psychology*, *4*. 1-14.

Hausmann, R. G. M., Chi, M. T. H. y Roy, M. (2004). Learning from collaborative problem solving: An analysis of three dialogue patterns. *Twenty-sixth Cognitive Science Proceedings*. Chicago, IL.

Hayes, B. y Heit, E. (2013). How similar are recognition memory and inductive reasoning? *Memory & Cognition, 41,* 781-795.

Heit, E. y Rotello, C. M. (2010). Relations between inductive reasoning and deductive reasoning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *36*(3), 805.

Hell, W., Gigerenzer, G., Gauggel, S., Mall, M. y Müller, M. (1988). Hindsight bias: An interaction of automatic and motivational factors? *Memory & Cognition*, *16*(6), 533-538.

Insko, C. A., Wildschut, T. y Cohen, T. R. (2013). Interindividual–intergroup discontinuity in the prisoner's dilemma game: How common fate, proximity, and similarity affect intergroup competition. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *120*(2), 168-180.

Johnson-Laird, P. N. (2013): Mental models and cognitive change, *Journal of Cognitive Psychology,25*:2, 131-138.

Johnson-Laird, P. N. y Byrne, R. M. J. (2002) Conditionals: A theory of meaning, pragmatics, and inference. *Psychological Review*, 109, 646-678.

Kahneman, D. (2011). *Thinking fast and slow.* New York, NY: Farrar.

Kaufman, J. C. y Beghetto, R. A. (2013). Do people recognize the four Cs? Examining layperson conceptions of creativity. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, *7*(3), 229.

Khemlani, S. y Johnson-Laird, P. N. (2013a). Cognitive changes from explanations. *Journal of Cognitive Psychology*, *25*(2), 139-146.

Kosslyn, Stephen M. (1983). Ghosts in the Mind's Machine: Creating and Using Images in the Brain. New York: Norton.

Laird, J. E., Kinkade, K. R., Mohan, S. y Xu, J. Z. (2012, July). Cognitive robotics using the SOAR cognitive architecture. In *Proc. of the 8th Int. Conf. on Cognitive Robotics*.

Levinson, R. (2004). The morph project. *Journal of the International Computer Games Association, vol. 27*, no. 4 pp. 226-232.

Lyons, V. y Fitzgerald, M. (2013). Critical Evaluation of the Concept of Autistic Creativity, en M. Fitgerald, *Recent Advances in Autism Spectrum Disorders*, Volume I.

Mitchell, T. M. (1982). Generalization as search. *Artificial intelligence*, *18*(2), 203-226.

Newell, A. y Simon, H. A. (1972) *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Oakhill, J. V. y Johnson-Laird, P. N. (1985). The effects of belief on the spontaneous production of syllogistic conclusions. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *37*(4), 553-569.

Osherson, D., Smith, E., Wilkie, O., Lopez, A. y Shafir, E. (1990). Category-based induction. *Psychological Review, 97* (2), 185–200.

Paivio, A. (1986).*Mental Representations: A Dual-Coding Approach*, Oxford University Press, New York.

Peirce, C. S. (1908). A Neglected Argument for the Reality of God. *The Hibbert Journal* 7: 90–112.

Perkins, D. N., Farady, M. y Bushey, B. (1991). Everyday reasoning and the roots of intelligence. In J. Voss, D. N. Perkins & J. Segal (Eds.), *Informal Reasoning* (pp. 83-105). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Politzer, G. (2007). The psychological reality of classical quantifier entailment properties. *Journal of Semantics, 24,* 331–343.

Rhodes, M. (1961). An analysis of creativity. *The Phi Delta Kappan*, *42*(7), 305-310.

Savage, L. J. (1951). The theory of statistical decision. *J. Am. Stat. Assoc.*, *46*, 55-67.

Simonton, D.K. (2004). *Creativity in science: Chance, logic, genius, and zeitgeist*. Cambridge University Press.

Sloman, S. A. (1993). Feature-based induction. *Cognitive Psychology, 25*, 231-280.

Sternberg, R. J. y Kaufman, J. C. (Eds.). (2010). *The Cambridge handbook of creativity*. Cambridge University Press.

Torrance, E. P. (1974). *Norms technical manual: Torrance Tests of Creative Thinking*. Lexington, Mass: Ginn and Co.

Tversky A. D. y Kahneman (1974), Judgment under uncertainty: heuristics and biases, *Science*, 185: 1124-1131.

Tversky, A. (1969). Intransitivity of preferences. *Psychological Review, 76*, 31–48.

von Neumann, J. and Morgenstern, O. (1944): *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press.

Wason, P. C. y Brooks, P. G. (1979). THOG: The anatomy of a problem, *Psychological Research*, 41, 79-90.